




**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

**Propuesta para implementar un plan de mantenimiento centrado en la  
confiabilidad para la línea 3 de planta embotelladora de agua y bebidas  
gaseosas en la ciudad de Trujillo-Perú**


**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Mecánico Electricista**

**AUTORES:**

Burgos Jauregui, Nelson Rubén (ORCID: 0000-0002-0588-3901) 

Gil Yumbato, Pedro Leonel (ORCID: 0000-0002-9150-0742) 

**ASESORA:**

Salazar Mendoza, Anibal Jesus (ORCID: 0000-0003-4412-8789) 

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Sistemas y Planes de Mantenimiento

TRUJILLO – PERÚ

2021

## DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo, en primer lugar, a Dios todo poderoso, por brindarme siempre la fortaleza espiritual para poder seguir adelante.

A la memoria de mis abuelos, quienes siempre me alentaron a superarme y creyeron en mi sueño de ser Ingeniero.

A mis padres, por sus consejos y enseñanzas, además de su confianza en mí, para poder lograr lo que me propongo.

A mi esposa y mis adoradas hijas, quienes, con su amor y comprensión, me impulsan cada día a seguir superándome y son parte de activa de ello.

*Nelson*

El presente trabajo investigativo lo dedicamos principalmente a Dios, por siempre darme fuerza para continuar y llegar a esta meta deseada.

A mis padres, por su apoyo incondicional en todos estos años, gracias a ellos he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy hoy en día, ha tenido el orgullo y el privilegio de ser su hijo, los amo, son los mejores padres.

A mi esposa, que ha sido mi mano derecha todo este tiempo, apoyándome en los momentos difíciles y estar ahí motivándome para cumplir las metas que siempre nos propusimos en todos estos años de relación.

Y mis hijos, por su amor y la comprensión, quienes fueron el impulso de seguir adelante en esta etapa de mi vida.

*Pedro*

## AGRADECIMIENTO

A la Universidad César Vallejo, por la implementación del Programa de Formación para Adultos, el mismo que permite a personas como nosotros seguir superándose profesionalmente.

A los diferentes docentes de la Universidad, que nos brindaron la instrucción necesaria para poder estar en estos momentos desarrollando el presente trabajo.

A nuestros compañeros de trabajo y jefes a cargo, por brindarnos el apoyo necesario y el respectivo respaldo desde el inicio de nuestra carrera Universitaria.

Un agradecimiento especial al Dr. Anibal Salazar, por su asesoría y permanente apoyo para el desarrollo de este proyecto; a la Dr. María Armas por su apoyo y consejos constante al inicio de este proyecto de investigación; y al Dr. Eloy Soto por sus acertados y puntuales consejos.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>Carátula</b> .....	<b>i</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>ii</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>iv</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b> .....	<b>1</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>5</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>6</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>7</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>8</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>11</b>
<b>III. METODOLOGÍA</b> .....	<b>30</b>
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	30
3.1.1. Tipo de investigación .....	30
3.1.2. Diseño de investigación.....	30
3.2. Variables y operacionalización .....	30
3.2.1. Variable independiente cuantitativa.....	30
3.2.2. Variable dependiente cuantitativa.....	30
3.2.3. Operacionalización.....	30
3.3. Población, muestra y muestreo .....	30
3.3.1. Población .....	30
3.3.2. Muestra .....	30
3.3.3. Muestreo .....	30
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	30
3.5. Procedimientos.....	31
3.6. Método de análisis de datos .....	32
3.7. Aspectos éticos .....	32
<b>IV. RESULTADOS</b> .....	<b>33</b>
4.1. Mapeo de equipos de la línea.....	33
4.2.1. Costos de adquisición, mantenimiento y operación. ....	54
4.2.2. Análisis de fallos de los tres últimos años.....	55
4.3. Propuesta del tipo de mantenimiento de acuerdo al análisis de confiabilidad. ....	73
4.3.2. Análisis de los tres equipos críticos después de la prueba.....	84
4.3.3. Comparación de los resultados.....	89
4.4. Análisis estadístico con la prueba T-Student. ....	90
4.4.1. Comparación del antes y después de la DISPONIBILIDAD. ....	91
4.4.2. Comparación del antes y después de la CONFIABILIDAD.....	93
4.4.3. Comparación del antes y después de la MANTENIBILIDAD.....	95

4.5. Análisis económico financiero.....	97
4.5.1. Costos y horas de producción.....	97
4.5.2. Resultado del análisis económico.....	100
<b>V. DISCUSIÓN.....</b>	<b>101</b>
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>103</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>105</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>106</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>108</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1- EQUIPOS DE LA LÍNEA 3.....	34
TABLA 2- PONDERACIÓN .....	53
TABLA 3- COSTOS DE ADQUISICIÓN, MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN .....	54
TABLA 4- ANÁLISIS DE FALLO AÑO 2018.....	55
TABLA 5- ANÁLISIS DE CRITICIDAD DEL AÑO 2018 .....	57
TABLA 6- ANÁLISIS DE MODO DE EFECTO FALLA DE LA PALETIZADORA DEL AÑO 2018 .....	58
TABLA 7- ANÁLISIS DE MODO DE EFECTO FALLA DEL TRANSPORTE DE BOTELLAS DEL AÑO 2018 .....	59
TABLA 8- ANÁLISIS DE MODO DE EFECTO FALLA DE LA LLENADORA DEL AÑO 2018 .....	60
TABLA 9- ANÁLISIS DE FALLO AÑO 2019.....	61
TABLA 10- ANÁLISIS DE CRITICIDAD DEL AÑO 2019 .....	63
TABLA 11- ANÁLISIS DE MODO DEFECTO FALLA DE LA PALETIZADORA DEL AÑO 2019 .....	64
TABLA 12- ANÁLISIS DE MODO DEEFECTO FALLA DEL TRANSPORTE DE BOTELLAS DEL AÑO 2019 .....	65
TABLA 13- ANÁLISIS DE MODO DE EFECTO FALLA DE LA LLENADORA DEL AÑO 2019 .....	66
TABLA 14- ANÁLISIS DE FALLO AÑO 2020.....	67
TABLA 15- ANÁLISIS DE CRITICIDAD DEL AÑO 2020 .....	69
TABLA 16- ANÁLISIS DE MODO DE EFECTO FALLA DE LA PALETIZADORA DEL AÑO 2020 .....	70
TABLA 17- ANÁLISIS DE MODO DE EFECTO FALLA DEL TRANSPORTE DE BOTELLAS DEL AÑO 2020 .....	71
TABLA 18- ANÁLISIS DE MODO EFECTO FALLA DE LA LLENADORA DEL AÑO 2020 .....	72
TABLA 19 - FALLA, MODO Y EFECTO DE FALLA DE LA PALETIZADORA .....	73
TABLA 20- FALLA, MODO Y EFECTO DE FALLA DEL TRANSPORTE DE BOTELLAS.....	74
TABLA 21- FALLA, MODO Y EFECTO DE FALLA DE LA LLENADORA .....	75
TABLA 22 –LA PALETIZADORA, TIPOS DE MANTENIMIENTO PROPUESTO Y EJECUTADOS PARA LA PRUEBA Y ANÁLISIS.....	76
TABLA 23 –TRANSPORTE DE BOTELLAS, TIPOS DE MANTENIMIENTO PROPUESTO Y EJECUTADOS PARA LA PRUEBA Y ANÁLISIS.....	77
TABLA 24 –LLENADORA, TIPOS DE MANTENIMIENTO PROPUESTO Y EJECUTADOS PARA LA PRUEBA Y ANÁLISIS.....	78
TABLA 25-CRONOGRAMA DE PRUEBA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PALETIZADORA.....	79
TABLA 26-ACTIVIDADES DE MANTENIMINETO APLICADAS POR UNICA VEZ - PALETIZADORA .....	80
TABLA 27-CRONOGRAMA DE PRUEBA DE IMPLEMENTACIÓN DEL TRANSPORTE DE BOTELLAS.....	81
TABLA 28-CRONOGRAMA DE PRUEBA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA LLENADORA.....	82
TABLA 29- ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO BASADA EN EL CAPITULO 8 DE LA NORMA.....	83
TABLA 30 - PORCENTAJES DE EQUIPOS DESPUES DE LA PRUEBA - AÑO 2021.....	85
TABLA 31 - ANÁLISIS DE MODO DE EFECTO FALLA DE LA PALETIZADORA DESPUES DE LA PRUEBA - AÑO 2021 .....	86
TABLA 32 - ANÁLISIS DE MODO DE EFECTO FALLA DEL TRANSPORTE DE BOTELLAS DESPUÉS DE LA PUEBA - AÑO 2021 .....	87

TABLA 33- ANÁLISIS DE MODO DE EFECTO FALLA DE LA LLENADORA DE BOTELLAS DESPUES DE LA PUEBA - AÑO 2021 .....	88
TABLA 34- ANTES Y DESPUÉS DE REALIZAR LA PRUEBA DEL MANTENIMIENTO PROPUESTO .....	90
TABLA 35- PORCENTAJE DE LA DISPONIBILIDAD ANTES Y DESPUÉS .....	91
TABLA 36- PORCENTAJE DE LA CONFIABILIDAD ANTES Y DESPUÉS .....	93
TABLA 37- PORCENTAJE DE LA MANTENIBILIDAD ANTES Y DESPUÉS.....	95
TABLA 38- COSTOS DE PRODUCCIÓN DE BEBIDA.....	97
TABLA 39- COSTOS POR LITRO Y Ci.....	97
TABLA 40- HORAS DE PRODUCCIÓN.....	97
TABLA 41- CÁLCULO DE H Y Pi DEL AÑO 2020.....	98
TABLA 42- CÁLCULO DE H Y Pi DEL AÑO 2021.....	99
TABLA 43- ANÁLISIS ECONÓMICO 2020 .....	100
TABLA 44- ANÁLISIS ECONÓMICO 2021 .....	100
TABLA 45- OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE.....	108
TABLA 46- POBLACIÓN.....	109
TABLA 47- MUESTRA.....	110
TABLA 48- TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	111
TABLA 49- TABLA DE VALORES CRÍTICOS T-STUDENT .....	112



## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1-ESTRATEGIAS SEGÚN LA SMRP .....	15
FIGURA 2- BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN QUE PERMITA LA CONFIABILIDAD .....	16
FIGURA 3- RESUMEN GENERAL DE LOS TIPOS DE MANTENIMIENTO .....	17
FIGURA 4- LAS CINCO GENERACIONES DEL MANTENIMIENTO .....	18
FIGURA 5- ANÁLISIS DE NPR .....	23
FIGURA 6- MARCA DE CLASE MTBF Y MTTR .....	23
FIGURA 7- VALORES DE FRECUENCIA Y DETECCIÓN.....	24
FIGURA 8- VALORES DE GRAVEDAD .....	24
FIGURA 9- ANÁLISIS DE FALLA, MODO Y EFECTO FALLA .....	25
FIGURA 10- PARA DETERMINAR EL TIPO DE MANTENIMIENTO.....	25
FIGURA 11-PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO .....	31
FIGURA 12- TRANSPORTE DE PALET .....	35
FIGURA 13- DESPALETIZADORA .....	36
FIGURA 14- DEENCAJONADORA .....	37
FIGURA 15- LAVADORA DE CAJAS.....	38
FIGURA 16- ENCAJONADORA.....	39
FIGURA 17- DESCAPSULADORA .....	40
FIGURA 18- INSPECTOR ELECTRÓNICO DE OLORES.....	41
FIGURA 19- LAVADORA DE BOTELLAS .....	42
FIGURA 20- INSPECTOR ELECTRÓNICO DE BOTELLAS .....	43
FIGURA 21- LLENADORA .....	44
FIGURA 22- INSPECTOR ELECTRÓNICO DE NIVEL .....	45
FIGURA 23- SEPARADOR LINEAL.....	46
FIGURA 24- ETIQUETADORA .....	47
FIGURA 25- TRANSPORTE DE BOTELLAS.....	48
FIGURA 26- TRANSPORTE DE CAJAS .....	49
FIGURA 28- DISTRIBUCIÓN DE LOS EQUIPOS DE LA LÍNEA.....	51
FIGURA 29- CURVA DE CONFIABILIDAD AÑO 2018 .....	56
FIGURA 30- CURVA DE CONFIABILIDAD AÑO 2019 .....	62
FIGURA 31- CURVA DE CONFIABILIDAD AÑO 2020 .....	68
FIGURA 32- COMPARACIÓN AÑO 2020-2021.....	89
FIGURA 33-INDICADOR DIPONIBILIDAD .....	91
FIGURA 34- INDICADOR CONFIABILIDAD.....	93
FIGURA 35- INDICADOR MANTENIBILIDAD .....	95
FIGURA 36- CURVA DEL TIEMPO INDISPONIBLE AÑO 2020 .....	98
FIGURA 37- CURVA DEL TIEMPO INDISPONIBLE AÑO 2021 .....	99

## RESUMEN

En el presente trabajo de investigación, tiene por finalidad, demostrar la eficacia de la implementación de un Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, para dicho caso de estudio, para ello se reunió la información necesaria, siendo estos; sustentos teóricos de dicha metodología, investigaciones previas y normativas aplicadas, para así de esta manera poder aumentar la confiabilidad de la línea 3 de una planta embotelladora de agua y bebidas gaseosas y por ende disminuir sus pérdidas por paradas inesperadas.

Para lo cual se recopiló la información respectiva de los equipos a los cuales se les realizaría el análisis de confiabilidad respectivo, aplicando la base teórica y metodologías ya reunidas para este fin. Todo ello clasificado y procesado en una hoja de cálculo matemático, elaborada exclusivamente para ello. Dichos cálculos estuvieron direccionados a encontrar el nivel de confiabilidad de todos los equipos de la línea seleccionada para el análisis. De un total de dieciséis equipos analizados, los cuales conforman la línea antes mencionada, se seleccionaron tres equipos, los mismos que tenían una confiabilidad por debajo 80% siendo el mínimo permitido un valor del 90%, de acuerdo a las especificaciones aceptadas para este tipo de metodología de mantenimiento.

Cabe señalar que las directivas utilizadas, para la correcta selección del tipo de mantenimiento y sus respectivas actividades (las mismas que fueron ejecutadas a manera de prueba en los tres equipos seleccionados), se tomaron de la norma UNE-EN 13306 edición 2018, la cual da las bases para la metodología RCM y además para otras normas aplicadas a la Gestión Del Mantenimiento Industrial.

Para corroborar la veracidad de los resultados obtenidos del análisis y cálculos realizados, se utilizó el sistema de análisis estadístico T – Student, que confirmó la veracidad de los mismos y la eficacia de implementar este sistema de mantenimiento. Finalmente, y con los datos necesarios, se pudo corroborar un ahorro del 58.40% en pérdidas por indisponibilidad, con un ahorro anual de S/ 2,740,983.70, siendo estos resultados solo para los tres equipos seleccionados para la prueba.

Palabras claves: RCM, Confiabilidad, Análisis estadístico.

## **ABSTRACT**

In the present research work, its purpose is to demonstrate the effectiveness of the implementation of a Maintenance Plan Focused on Reliability, for this case study, for this purpose the necessary information was gathered, these being; theoretical support of this methodology, previous research and applied regulations, in order to increase the reliability of line 3 of a water and soft drinks bottling plant and therefore reduce its losses due to unexpected stops.

For which the respective information of the teams to which the respective reliability analysis would be carried out was collected, applying the theoretical basis and methodologies already gathered for this purpose. All this classified and processed in a mathematical spreadsheet, prepared exclusively for it. These calculations were aimed at finding the level of reliability of all the equipment on the line selected for analysis. From a total of sixteen equipment analyzed, which make up the aforementioned line, three equipment were selected, the same ones that had a reliability below 80% being the minimum allowed a value of 90%, according to the accepted specifications for this type of maintenance methodology.

It should be noted that the directives used, for the correct selection of the type of maintenance and their respective activities (the same ones that were executed as a test in the three selected equipment), were taken from the UNE-EN 13306 2018 edition standard, which gives the bases for the RCM methodology and also for other standards applied to Industrial Maintenance Management.

To corroborate the veracity of the results obtained from the analysis and calculations carried out, the statistical analysis system T – Student was used, which confirmed the veracity of the same and the effectiveness of implementing this maintenance system. Finally, and with the necessary data, it was possible to corroborate a saving of 58.40% in losses due to unavailability, with an annual saving of S / 2,740,983.70, these results being only for the three teams selected for the test.

Keywords: RCM, Reliability, Statistical analysis.

## I. INTRODUCCIÓN

Desde la perspectiva de la ingeniería existen dos elementos que permiten manejar cualquier bien físico, los cuales son mantener y/o cambiar (Moubray 2004). Con el aumento de nuevas tecnologías en el mundo, las grandes industrias tienen el desafío de una fuerte competencia y el compromiso de satisfacer a sus clientes con la demanda de sus productos, manteniendo y/o mejorando la calidad de los mismos. Esto los lleva a buscar siempre la disponibilidad y eficiencia de sus equipos, basándose en programas de gestión de mantenimiento que les permitan cumplir con los requerimientos previstos, puesto que, el indicador predominante para medir la capacidad de una planta industrial, que deba cumplir cualquier plan de producción, será siempre la fiabilidad, comprometida generalmente con los clientes internos y externos, teniendo en cuenta que es un error pretender que el objetivo del mantenimiento es llegar a una disponibilidad del 100%, ya que esto llegaría a ser en extremo costoso y por ende no rentable (Garrido 2010).

Actualmente gracias a la tecnología existente, las maquinarias tienen una participación en los procesos productivos de la industria, de aproximadamente el 90%, dejando lo restante para la intervención humana, obligando de esta manera a las empresas a enfocarse en preservar y mantener dichas maquinarias, con planes de gestión de mantenimiento aplicados a sus necesidades y condiciones (Dounce Villanueva 2014). Por consiguiente, se deben tener en cuenta los tipos de mantenimiento existentes, mismos que están basados en la conservación y actualización de los equipos (Fernandez 2018). La selección de éstos, muchas veces puede llegar a ser incorrecta, puesto que muchas empresas no logran definir con exactitud qué tipo de mantenimiento deben usar, muchas veces debido al errado proceso de identificación y procesamiento de sus variables.

En la ciudad de Trujillo, se encuentra operando una planta embotelladora de agua y bebidas gaseosas conformada por 6 líneas de producción, donde tres de éstas son para envasado en botella retornable y tres son para envasado en botella no retornable. Esta planta opera 24 horas al día divididos en 3 turnos de trabajo de 8 horas, es por ello que sus equipos deben mantener un estándar de confiabilidad que garantice la operación de la misma, de acuerdo a los requerimientos

programados de producción. Sin embargo, de acuerdo a los reportes de incidencias diarias de producción, la mayor incidencia de fallos con paradas de producción, la tienen las líneas de envasado con botella retornable, puesto que existen paradas y fallos inesperados en los equipos, que ocasionan retrasos en la producción que van desde los 30 minutos y superan los 90 minutos por turno de trabajo. Esto conlleva a un retraso en la atención del cliente final, puesto que el tiempo de entrega aumenta, y el costo de producción se ve afectado, por el aumento del costo de mantenimiento adicional de los equipos.

Es por ello que se realizó un seguimiento de cuál de las líneas de envases retornables, era la que mayor incidencia de paradas tenía, llegando a identificar a la línea 3 como la de mayor índice de paradas, llegando a superar los 90 minutos por turno, obteniendo un rendimiento actual de la línea de 83% aproximadamente, siendo el requerimiento de la empresa, un mínimo de 93%, esto trae retrasos en la entrega del producto final, costos adicionales de producción y definitivamente costos adicionales en trabajos de mantenimiento correctivo de emergencia. Cabe destacar que actualmente existe un Plan de Mantenimiento Preventivo para todos los equipos de planta, sin embargo, como es evidenciado no es el más adecuado, puesto que, en las líneas de envasado de botellas retornables, cada equipo abarca un número de exigencias diferentes de acuerdo a su función y complejidad, siendo las fallas que más afectan a la producción, las que se presentan en los equipos considerados críticos.

Se evidencia, de acuerdo a los reportes de incidencias que se generan por cada turno de producción, que el personal de mantenimiento viene ejecutando mayormente los llamados mantenimientos correctivos y mantenimientos correctivos de emergencia, los mismos que afectan de manera marcada y significativa a la eficiencia de la producción por las paradas intempestivas que esto acarrea. Es por ello que adicionalmente y a manera de nuevo soporte, en coordinación con el área de producción, se ha iniciado un Plan de Mantenimiento Autónomo, ejecutado por los maquinistas y operarios, bajo el soporte del área de mantenimiento y la supervisión del área de producción. Pero al estar poco organizado, existen muchas falencias que conllevan a eventos inesperados al momento de poner en operación

el equipo intervenido, dando lugar a fallas inesperadas e intervenciones de emergencia adicionales por parte del personal técnico de mantenimiento.

De acuerdo al análisis realizado, se plantea la siguiente pregunta: **¿Cómo aumentar la confiabilidad de la línea 3 de una Planta Embotelladora de agua y bebidas gaseosas en la ciudad de Trujillo?**, para dar respuesta a esta pregunta tenemos el **objetivo principal** de este proyecto, el cual es proponer la Implementación de un Plan de Mantenimiento basado en la Confiabilidad, para lo cual se plantean los siguientes **objetivos específicos**:

- Ejecutar el mapeo correspondiente de todos los equipos de la línea.
- Elaborar un análisis de nivel de criticidad de los equipos con más bajo nivel de confiabilidad.
- Proponer y/o implementar el tipo de mantenimiento adecuada para cada equipo de acuerdo al análisis de confiabilidad.
- Determinar la validez estadística de los resultados con la prueba T-Student.
- Realizar el análisis de validación económica financiera respectiva.

## II. MARCO TEÓRICO

Para el sustento de esta investigación se cuenta con los siguientes trabajos previos:

Se encontró un trabajo de investigación donde los autores (Cordero y Estupiñán 2018), propusieron optimizar el mantenimiento de la planta de Tostación de una división minera, ejecutando un estudio que permita llevar a cabo cambios en el plan de gestión de mantenimiento. Para lo cual se utilizarían los métodos FMECA (Análisis de Modos de Fallos, Efectos y su Criticidad) y RCM (Mantenimiento Centrado en Fiabilidad), empleando herramientas matemáticas y estadísticas, que les permitirían obtener con precisión la información del estado de los equipos por nivel de criticidad, iniciando para ello un análisis en dicha planta, y así demostrar que la propuesta sería funcional. Con el resultado obtenido lograron identificar de los seis equipos analizados, al horno tostador como el equipo de mayor impacto para la productividad, puesto que, debido a los fallos imprevistos del mismo, la productividad no podía alcanzar el 95% de disponibilidad requerida, debido a esto se mantenía en 85% y el costo de mantenimiento tenía un 17% adicional de lo establecido. Concluyeron que, de implementar el nuevo plan de gestión de mantenimiento, podrían obtener una reducción del costo actual del mantenimiento hasta de 14%, logrando así la mejora de disponibilidad y eficiencia de la planta.

También se encontró una investigación en donde los autores (Gasca, Camargo y Medina 2017), propusieron implementar una herramienta de evaluación de equipos críticos, la cual permitiría jerarquizar los equipos evaluados, realizando análisis de criticidad. Esta herramienta permitiría diseñar un catálogo de fallas, usando la metodología de modo y efecto falla, logrando tener así un registro de confianza, y con los datos obtenidos, poder realizar el modelamiento de confiabilidad de los equipos, utilizando las distribuciones Weibull, Log Normal y Normal, permitiéndoles determinar los tiempos medios entre fallas. Esta herramienta fue probada en una industria transformadora de plástico, resultando la extrusora como el equipo más crítico. Adicionalmente lograron obtener el catálogo de varios equipos, a partir del histórico de fallas, ofreciendo indicadores que permitirían tomar decisiones que eviten paradas no planificadas.

Adicionalmente se encontró una tesis donde los autores (Morocho y Rodríguez 2017), diseñaron un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), para una flota de excavadoras hidráulicas 336DL. Para ello ejecutaron un análisis del área de mantenimiento, que les permitiera determinar qué elementos pueden generar retrasos y gastos de reparación adicional, y además poder revisar los indicadores, con el fin de realizar mejoras que aminoren costos en las reparaciones, que permitan lograr el incremento del tiempo de operación y la reducción de la frecuencia de fallas inesperadas. Como resultado de su análisis pudieron implementar el plan de mantenimiento propuesto, logrando reducir el 40% de la frecuencia de falla, y elevando en un 74% el tiempo medio de operación, reduciendo así en un 62% el costo de indisponibilidad.

Así mismo, en otro proyecto de investigación el autor (QUISPE MAMANI 2017), implementó un plan de mantenimiento preventivo para aumentar el rendimiento de una línea de embotellado, para lo cual utilizó la herramienta de recopilación de datos, detalles en el campo y los registros de control, los cuales serían almacenados en una base de datos, y posteriormente ser procesado con el software SPSS versión 21. Con los datos recopilados pudo determinar que la productividad era del 69.90%, la eficiencia del 85.28% y la eficacia del 81.59%. Al implementar el plan de mantenimiento indicado obtuvo resultados satisfactorios, donde la productividad aumentó a un 91.25%, la eficiencia a 96.32% y la eficacia a 94.72%, corroborando así la efectividad del plan implementado. Por otra parte, en otro proyecto de investigación los autores (Bujaico Matamoros y Cantera Sarmiento 2018), llegaron a implementar un plan de gestión de mantenimiento basado en la confiabilidad, aplicado para el aumento del índice de desempeño (KPI), en una línea de envasado TETRA PAK. Para ello utilizaron la base de datos de la empresa donde sería implementado el plan, siendo estos la eficiencia mecánica, los indicadores de confiabilidad, la disponibilidad entre otros, obteniendo un resultado de 34 horas/mes de tiempo medio de reparación (MTTR). Implementando su nuevo plan de gestión de mantenimiento, redujeron un 50% el MTTR, acarreado con ello un ahorro significativo en los costos de mantenimiento en dicha empresa.



Siguiendo con la investigación se halló un trabajo donde los autores (Díaz Concepción, del Castillo Serpa y Villar Ledo 2017), propusieron para una planta de bioproductos, la implementación de un instrumento de evaluación a modo de encuesta del estado de la gestión del mantenimiento, logrando así obtener la condición actual del mismo. Utilizaron para ello la metodología de pruebas de validez y de confiabilidad, conociendo así el estado de la gestión de mantenimiento de la planta evaluada, dado como resultado un 90.8 % de la confiabilidad en su actual gestión. Con estos resultados obtuvieron los indicadores, ítems y dimensiones adecuadas para calcular el rendimiento de la gestión de mantenimiento y poder tomar las acciones correspondientes.

En otra tesis encontrada el autor (Jorge Mauricio López Salas 2018), propuso la implementación de un sub sistema de análisis de fallas electrónicas para mejorar la eficiencia y eficacia de una planta de embotellado. Realizando un análisis utilizando la teoría de RCM, en base al histórico de fallas, una estadística de la producción mediante el sistema SAP (Sistemas, Aplicaciones y Productos para el procesamiento de datos) y entrevistas al personal, para recaudar información de los equipos de producción. Como resultado llegó a la conclusión que, al implementar este plan disminuirían los fallos en los procesos, logrando así el aumento de la eficiencia de los mismos, ganando disponibilidad y a su vez cumpliendo con el objetivo de la empresa.

Para concluir esta base teórica, debemos mencionar el trabajo de investigación del autor (Luis Felipe Sexto 2018), quien considera que la perspectiva de mayor aprobación, no solo en los países de la Unión Europea, sino también a nivel Latinoamérica, África, Asia, Oceanía y en Norteamérica, tiene sus bases en la Norma EN 13306, que en su versión en español es UNE – EN 13306. Cabe precisar que la Society for Maintenance and Reliability Professionals (SMRP) de Estados Unidos, busco alinear sus directivas en base a esta norma en su edición del 2007. Finalmente, el autor hace énfasis en los errores que se cometen al llamar “estrategias de mantenimiento” a los “tipos de mantenimiento”, recomendando la revisión de la norma, que en su artículo 2.4, presenta el concepto de Estrategia de Mantenimiento.

Tomando en cuenta los resultados de los trabajos antes mencionados, se puede corroborar que, al implementar un plan de gestión de mantenimiento, que se base en la confiabilidad de los equipos, pueden obtenerse resultados muy favorables para el desempeño de los mismos. Es por ello que se cuenta con una **base teórica** que sustenta esta investigación, la misma que fue recopilada de fuentes confiables y especializadas para este fin. Siendo que la base de la gestión del mantenimiento, parte de la consigna de saber que el mantenimiento industrial, se define como el cúmulo de técnicas desarrolladas, para mantener en perfectas condiciones de servicio los equipos de cualquier planta industrial. Podemos indicar los siguientes beneficios al gestionar las operaciones de mantenimiento:

- Aminora gastos producidos por desperfectos de equipos que detienen los procesos productivos.
- Mantiene un registro de confiabilidad de refacciones sin exceso, ni carencia al ser requeridos.
- Ofrece seguridad para el trabajador en la ejecución de sus labores cotidianas.
- Reduce los importes en la producción, para garantizar la competitividad del producto en el mercado.
- Impide el despilfarro de los recursos.
- Mantiene el uso de recursos y costes asignados de manera ideal.
- Mejora el uso de maquinarias y equipos de manera más idónea, aumentando su vida útil.

Según la SMRP (Society of Maintenance and Reliability Professionals) existen dos tipos de Mantenimiento, los mismos que se adaptan según la realidad y/o proceso de cada empresa, siendo estos: **Mantenimiento Proactivo** y **Mantenimiento Reactivo**, de los cuales se desprenden las siguientes estrategias de mantenimiento: **Predictivo**, **Preventivo**, **Correctivo** y **Modificativo**. Para una mejor descripción se presenta el siguiente diagrama de flujo (figura 1), en el cual se indica en base a la ocurrencia de una falla, el tipo de mantenimiento y sus respectivas estrategias a utilizar de acuerdo al tiempo de ocurrencia de la misma.



FIGURA 1-ESTRATEGIAS SEGUN LA SMRP (ELABORACION PROPIA)

Definiendo las estrategias tendríamos que: **CORRECTIVA**, se basa en la rápida reparación de la falla que ya ocurrió, en el más mínimo tiempo, existiendo para ello dos tipos de tareas correctivas que son: *El desvare*, que es la reparación rápida del equipo, que permite tenerlo de vuelta en operación y *Reparación correcta y definitiva*, para lo cual se necesita experiencia previa en cuanto a las causas del fallo, pudiendo regresar al equipo a su condición estándar de funcionamiento. **MODIFICATIVA**, que consiste en la modificación del equipo basado la causa raíz del fallo, aplicando conceptos de Ingeniería. **PREVENTIVA**, que consiste las acciones que se aplicaran al equipo o sistema en base al tiempo de servicio, teniendo un conocimiento previo del estado del mismo en base a inspecciones periódicas. **PREDICTIVA**, que es el mantenimiento que usa la ciencia matemática, estadísticas, correlacionales, etc., para poder determinar parámetros asociados con la ocurrencia de algún fallo y poder anticiparse al mismo (Mora Gutiérrez 2009).

La aplicación de estas estrategias dependerá del tipo de proceso industrial, así como también de algunos requerimientos o metas a los que desee llegar cada empresa. Esto nos condujo a conocer que una de las primeras industrias en la historia, que enfrentó el reto sistemático de mantenimiento, fue la industria de la aviación comercial, por cuanto uno de los elementos más importantes para poder afrontar este reto, fue la de asegurar que el personal de mantenimiento realice su trabajo correctamente.

Actualmente los trabajos de mantenimiento se enfocan en realizar un estudio más detallado de los equipos o procesos que puedan ser propensos a fallar, esto se logra utilizando diversas técnicas de estadística, métodos de medición, gestión de economía de los procedimientos, la integración de las áreas o departamentos implicados, etc., lo cual permitirá planificar adecuadamente los trabajos y recursos adecuados, para ello se debe continuar con la búsqueda de información y conocimiento que permita la confiabilidad del equipo (figura 2), motivando así la mejora continua y la mejor eficacia de equipos e instalaciones (Cárcel Carrasco 2016).

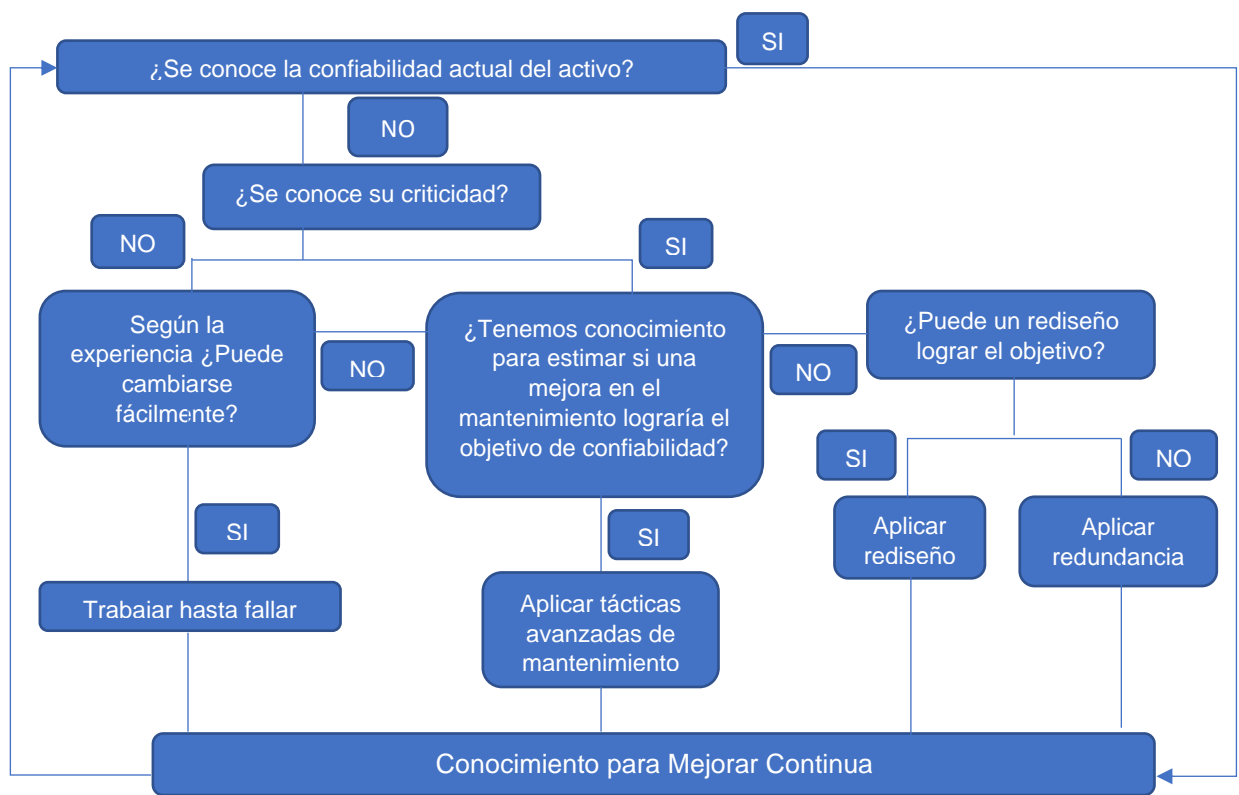


FIGURA 2- BUSQUEDA DE INFORMACIÓN QUE PERMITA LA CONFIABILIDAD (Cárcel Carrasco 2016)

Es por ello que los lineamientos y directivas para la gestión de mantenimiento RCM, tienen su base en la norma europea EN 13306 (versión en español UNE-NE 13306:2018), la cual define los criterios necesarios para su correcta implementación. La figura No 3, nos muestra un **Resumen General** de los tipos de mantenimiento a utilizar según sea la necesidad o requerimiento de acuerdo a los resultados del análisis de fallos en los equipos.

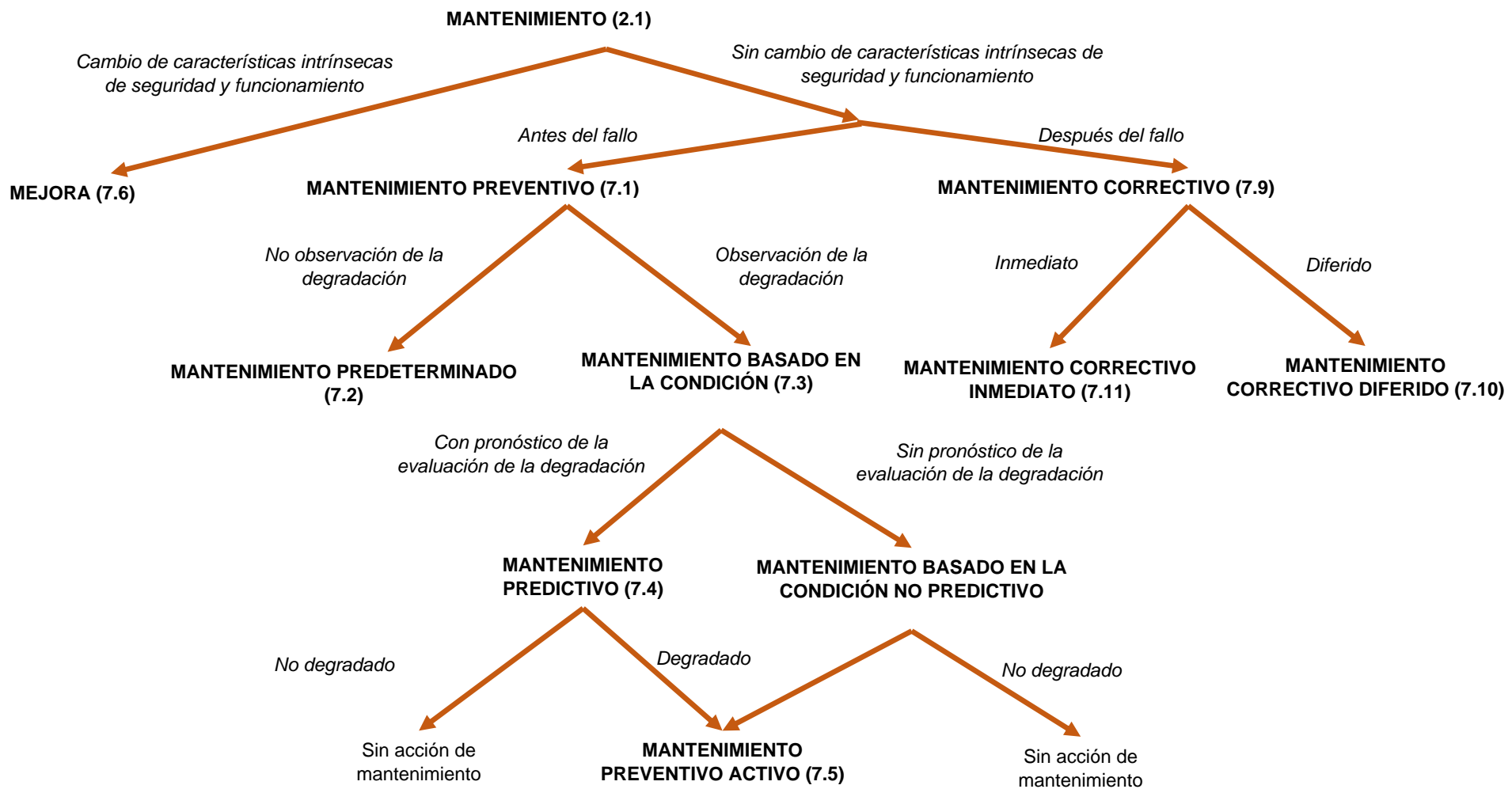


FIGURA 3- RESUMEN GENERAL DE LOS TIPOS DE MANTENIMIENTO (UNE-EN13306 2018)

A todo esto, se debe indicar, que el mantenimiento es un proceso en constante cambio y adaptación a las realidades de su tiempo, esto llevó a la evolución de 5 generaciones de mantenimiento a lo largo del tiempo (figura 3).

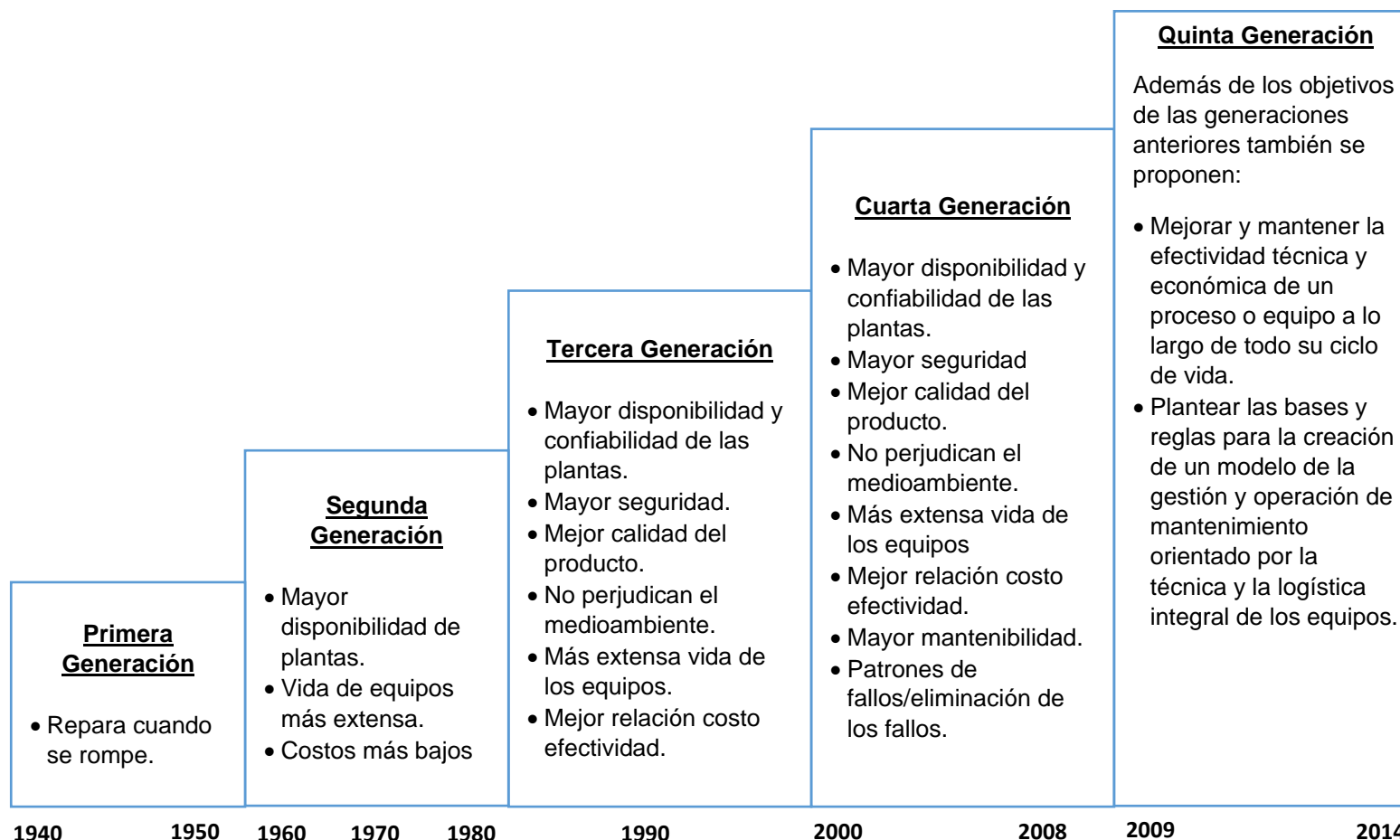


FIGURA 4- LAS CINCO GENERACIONES DEL MANTENIMIENTO (Santiago García Garrido 2010)

Describiendo las cinco generaciones mostradas anteriormente (figura 3), tendríamos que, **Primera Generación**, es la generación duró hasta inicios de la segunda guerra mundial, tiempo en el cual no existía la industrialización, significando tiempos prolongados de inmovilidad de equipos, aunque de poca importancia dada la simpleza y la facilidad de reparación de los mismos, haciéndolos relativamente confiables. Por consiguiente, no necesitaban mantenimiento regular de ningún tipo, salvo limpieza y lubricación de rutina, esto sin contar con mano de obra especializada como la que actualmente se necesita para ciertas actividades. **Segunda Generación**, inició después de la segunda guerra mundial, donde todo cambió de forma radical, disminuyó la mano de obra y aumentó el requerimiento de suministros, trayendo consigo la mecanización de las industrias. Ya en 1950, hubo un aumento significativo de maquinarias cada vez más complejas, iniciándose así la dependencia de ellas. Como consecuencia nació el concepto de Mantenimiento Preventivo, puesto que se dedujo que las fallas podían y debían ser evitadas. Ya para 1960, este mantenimiento consistía en reacondicionar los equipos a intermedios de tiempo fijos, trayendo consigo un aumento de gastos operativos, que conllevó a implementar una Planificación de Mantenimiento y Programas de control, contribuyendo así a un mejor manejo del mismo, llevando a los dueños a buscar la manera de aumentar la vida útil de sus equipos. **Tercera Generación**, inició a mediados de los años 70 y se mantiene en evolución en la actualidad, puesto que, el desarrollo en la industria ha dado un gran impulso de cambios, donde la mecanización y la automatización avanzaba a pasos agigantados en los procesos de la industria, donde tomaban con mayor importancia los tiempos de parada debido a las pérdidas que provocaban en la producción. Dado la complejidad y la dependencia de las máquinas, a su vez la exigencia de productos y calidad de los mismos, dieron lugar a las certificaciones ISO 9001 e ISO 9002, donde el mantenimiento preventivo ya no es frecuente, si no adaptado a la normativa vigente. **Cuarta Generación**, en los últimos años los nuevos conceptos de mantenimiento y metodologías de gestión de mantenimiento tuvo un crecimiento notable. Donde los nuevos conceptos, se centra en encontrar el fallo y eliminarla de raíz, utilizando técnicas proactivas. Y la gestión de mantenimiento se enfoca hacia la satisfacer al cliente. **Quinta Generación**, comienza a finales de siglo XX y principios del siglo XXI, donde la importancia de los recursos energéticos

por su costo sale a flote, dando lugar un papel importante al mantenimiento para tener una gran eficiencia en la explotación de estos recursos. Por ende, esta generación está centrada específicamente en la terotecnología, que se refiere al estudio ya gestión de la vida útil del activo o recurso, donde el principal objetivo es prolongar la efectividad técnica y económica del activo o proceso durante su ciclo de vida.(Pérez Borrajo 2014)

Por lo antes mencionado, y de acuerdo a las estrategias de análisis de mantenimiento, se tiene los siguientes conceptos y sus respectivos cálculos matemáticos.

**Disponibilidad Inherente**, es el acondicionamiento de cualquier bien o equipo que debe estar disponible para cumplir con las funciones exigidas, bajo condiciones establecidas de funcionamiento y operación.

$$Ai = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \dots\dots\dots Ecuación 1$$

Dónde:

El MTBF es el tiempo promedio que existe entre cada fallo.

$$MTBF = \frac{\text{horas de operación}}{N^\circ \text{ total de fallos}} \dots\dots\dots Ecuación 2$$

El MTTR es el tiempo promedio de espera para que el equipo vuelva a ponerse en funcionamiento.

$$MTTR = \frac{\text{tiempo total de reparación}}{N^\circ \text{ total de reparaciones correctivas}} \dots\dots\dots Ecuación 3$$

**Confiabilidad**, es la expectativa de funcionamiento del equipo, bajo condiciones y tareas específicas, en tiempos determinados.

$$R(t) = e^{\frac{-t}{MTBF}} \dots\dots\dots Ecuación 4$$

Dónde:

La constante neperiana e= 2.303

La constante t, es el tiempo (en años) en que se realiza el análisis.



✓ Según la configuración del sistema (línea de proceso).

Si la confiabilidad de un equipo es R y la no confiabilidad es NR, entonces:

$$R(t) = 1 - NR \dots\dots\dots \text{Ecuación 5}$$

Donde, 1 es la confiabilidad ideal

- Configuración en serie.



Ilustración 1- configuración en serie de un sistema

Para calcular la confiabilidad del sistema Rs, se tiene:

$$R_s = R_1 \times R_2 \times R_3 \times \dots \times R_n \dots\dots\dots \text{Ecuación 6}$$

- Configuración en paralelo.

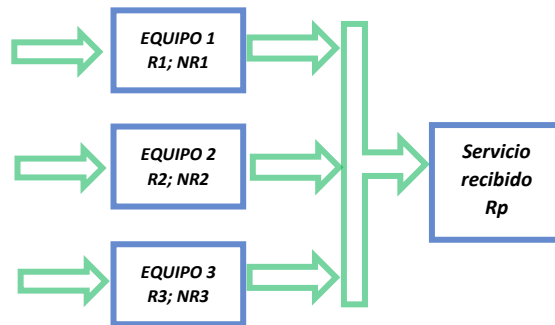


Ilustración 2- configuración en paralelo de un sistema

Para calcular la confiabilidad del sistema Rp, debemos hallar la no confiabilidad NR de cada equipo:

$$NR = 1 - R \dots\dots\dots \text{Ecuación 7}$$

Ahora debemos hallar la no confiabilidad del sistema NRp.

$$NR_p = NR_{p1} \times NR_{p2} \times NR_{p3} \times \dots \times NR_{pn}$$

Finalmente hallamos la confiabilidad del sistema en paralelo.

$$R_p = 1 - NR_p \dots\dots\dots \text{Ecuación 8}$$

**Mantenibilidad**, dato estadístico que permite determinar la facilidad con la cual se pueden realizar las tareas de mantenimiento en un equipo en base a un tiempo.

$$M(t) = 1 - e^{\frac{-t}{MTTR}} \dots\dots\dots \text{Ecuación 9}$$

Dónde:

La constante neperiana  $e = 2.303$

La constante t, es el tiempo (en años) en que se realiza el análisis.

**Tiempo indisponible**, es el tiempo de inactividad de o los equipos a causa de un fallo.

$$H = (1 - Ai) \cdot Hi \dots\dots\dots \text{Ecuación 10}$$

Donde:

$Hi$ = tiempo anual expresado en horas.

**Perdida por indisponibilidad**, es el costo producido por una parada inesperada.

$$Pi = (1 - Ai) \cdot Hi \cdot Ci \dots\dots\dots \text{Ecuación 11}$$

Dónde:

$Ci$ = costo de hora de producción.

**Numero Prioritario de Riesgo**, nos sirve para cuantificar cada uno de los modos de falla de los equipos analizados y está determinado por el Frecuencia (determinada por el MTBF), Detección (determinado por el MTTR) y la Gravedad determinada por una escala del 1 al 5 de acuerdo a los siguientes criterios:

F=frecuencia (Determinado por MTBF)

D= Detección (Determinado por MTTR)

G=Gravedad; que está determinada por las siguientes escalas:

SE= Seguridad

MA= Medio ambiente

PP= Perdida de producción

AR= Alto costo de reparación

Dándole un número a cada escala tendremos de 1 al 5 el nivel de gravedad, como se muestra en el cuadro siguiente.

$$N.P.R = FxGxD \dots\dots\dots \text{Ecuación 12}$$

Para poder determinar el valor del Número Prioritario de Riesgo (NPR), se usarán los siguientes criterios mostrados en la siguiente tabla:

NOMBRE DEL EQUIPO A ANALIZAR										
Modo de falla	CONSECUENCIA	HORAS DE OPERACIÓN	N° de fallas	HORAS DE DURACIÓN FALLAS	MTBF	MTTR	F	D	G	NPR
TIPO DE FALLAS OCURRIDAS EN EL EQUIPO A ANALIZAR	DE LAS FALLAS OCURRIDAS	DETERMINADA POR EL TIEMPO EN EL QUE SE REALIZO EL ANALISIS (MESES O AÑOS)	DE ACUERDO AL TIPO	DE ACUERDO AL TIPO	POR CADA TIPO DE FALLA	POR CADA TIPO DE FALLA	VALOR APLICADO EN ESCALA DEL 1 AL 5	VALOR APLICADO EN ESCALA DEL 1 AL 5	VALOR APLICADO EN ESCALA DEL 1 AL 5	PRODUCTO DE FxDxG

FIGURA 5- ANALISIS DE NPR (ELABORACIÓN PROPIA)

Debemos obtener la marca de clase en base al rango del MTBF y MTTR respectivamente con el intervalo seleccionado, en este caso el valor 5.

RANGO	(VALOR MAX. MTBF) - (VALOR MIN. MTBF)	(VALOR MAX. MTTR) - (VALOR MIN. MTTR)
INTERVALO	DE 3, 5 O 10 -USAREMOS 5	DE 3, 5 O 10 -USAREMOS 5
MARCA DE CLASE	DIVISION DEL RANGO MTBF ENTRE EL INTERVALO	DIVISION DEL RANGO MTTR ENTRE EL INTERVALO

FIGURA 6- MARCA DE CLASE MTBF Y MTTR (ELABORACIÓN PROPIA)

Además de ello debemos determinar los valores de Frecuencia y Detección de acuerdo a lo indicado en las siguientes tablas y así poder usar el valor respectivo para el cálculo del N.P.R.

FRECUENCIA		
VALOR	MÍNIMA	MÁXIMA
1		MARCA DE CLASE MTBF
2		MARCA DE CLASE MTBF
3		MARCA DE CLASE MTBF
4	VALOR MIN.MTBF + MARCA DE CLASE MTBF	(VALOR MIN.MTBF + MARCA DE CLASE MTBF) + MARCA DE CLASE MTBF
5	VALOR MIN.MTBF	VALOR MIN.MTBF + MARCA DE CLASE MTBF

DETECCIÓN		
VALOR	MÍNIMA	MÁXIMA
1	VALOR MIN.MTTR	VALOR MIN. MTTR + MARCA DE CLASE MTTR
2	VALOR MIN. MTTR + MARCA DE CLASE MTTR	(VALOR MIN. MTTR + MARCA DE CLASE MTTR) + MARCA DE CLASE MTTR
3		MARCA DE CLASE MTTR
4		MARCA DE CLASE MTTR
5		MARCA DE CLASE MTTR

FIGURA 7- VALORES DE FRECUENCIA Y DETECCIÓN (ELABORACIÓN PROPIA)

Finalmente se aplicará el valor de Gravedad de acuerdo al impacto de las fallas en el proceso.

GRAVEDAD	
VALOR	
1	ALTO COSTO DE REPARACIÓN
2	PÉRDIDAS PRODUCTIVAS
3	PÉRDIDAS PRODUCTIVAS Y MEDIO AMBIENTE
4	MEDIO AMBIENTE
5	SEGURIDAD

FIGURA 8- VALORES DE GRAVEDAD (ELABORACIÓN PROPIA)

Después de hacer el análisis de NPR (Numero Prioritario de Riesgo) se debe realizar el análisis de falla, modo y efecto de falla, como se muestra en la siguiente tabla:

Nombre del activo	Falla Funcional	Modo de falla	Efecto de la falla	Consecuencia de la falla	NPR
EQUIPO A ANALIZAR	PARCIAL	TIPO DE FALLA OCURRIDA EN EL EQUIPO ANALIZADO	DAÑOS EN EL EQUIPO PRODUCIDOS POR LA FALLA	IMPACTO QUE GENERA CADA TIPO DE FALLA	NUMERO PRIORITARIO DE RIESGO DE CADA FALLA
	TOTAL				

FIGURA 9- ANALISIS DE FALLA, MODO Y EFECTO FALLA (ELABORACIÓN PROPIA)

Finalmente, al tener nuestro modo y efectos de falla, se designará el adecuado tipo de mantenimiento para cada uno de ellos, basándonos en **norma europea EN 13306 (versión en español UNE-NE 13306:2018)**, tomando como prioridad el mayor índice de NPR.

Nombre del activo	Modo de falla	Efecto de la falla	NPR	TIPO DE MANTENIMIENTO A APLICAR
EQUIPO A ANALIZAR	TIPO DE FALLA OCURRIDA EN EL EQUIPO ANALIZADO	DAÑOS EN EL EQUIPO PRODUCIDOS POR LA FALLA	NUMERO PRIORITARIO DE RIESGO DE CADA FALLA	SE DETERMINARÁ EL TIPO DE MANTENIMIENTO ADECUADO PARA CADA FALLA

FIGURA 10- PARA DETERMINAR EL TIPO DE MANTENIMIENTO (ELABORACIÓN PROPIA)

Para validar estadísticamente los datos obtenidos en el análisis los equipos seleccionados para este estudio, se utilizará la prueba estadística T-Student apoyada con un software de hojas de cálculo el cual nos facilitará el desarrollo matemático y los gráficos respectivos. Cabe mencionar que el uso de esta prueba está condicionada a un número limitado de población muestral, para el presente estudio dicha población serían los equipos analizados. Así mismo cabe señalar que, la cantidad requerida por dicha prueba estadística no debe superar las 30 muestras, y para este estudio se cuenta con una población de 16 equipos, de los cuales la muestra solo son 3.

A continuación, se definen todos los conceptos que se usaran para realizar la prueba estadística mencionada líneas arriba.

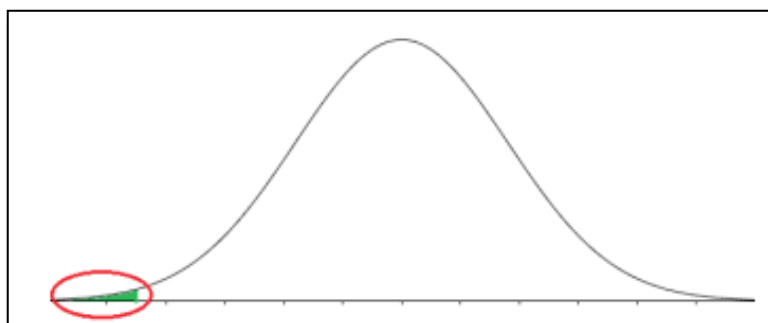
**Hipótesis nula ( $H_0$ ):** Es el enunciado que se fórmulas para certificar alguna certeza numérica.

$$H_0: =, \leq, \geq$$

**Hipótesis alternativa ( $H_1$ ):** Es la contraparte de la hipótesis nula, donde su enunciado se acepta si los datos tienen suficiente certeza para rechazar la hipótesis nula.

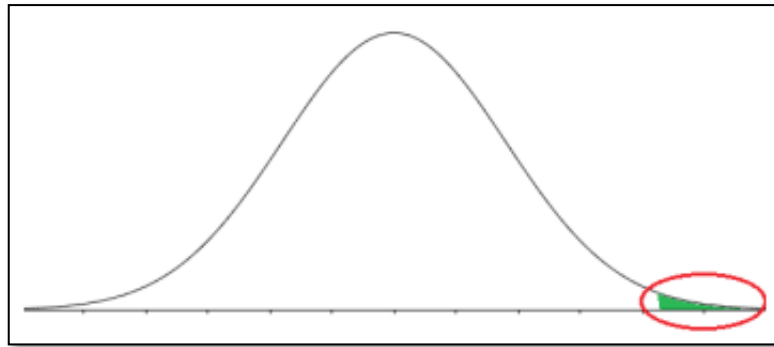
$$H_1: \neq, >, <$$

- **Gráfico de cola izquierda ( $H_1: \mu < 0$ ),** utilizado cuando se quiere afirmar que algún número ha disminuido o está por debajo de lo establecido.



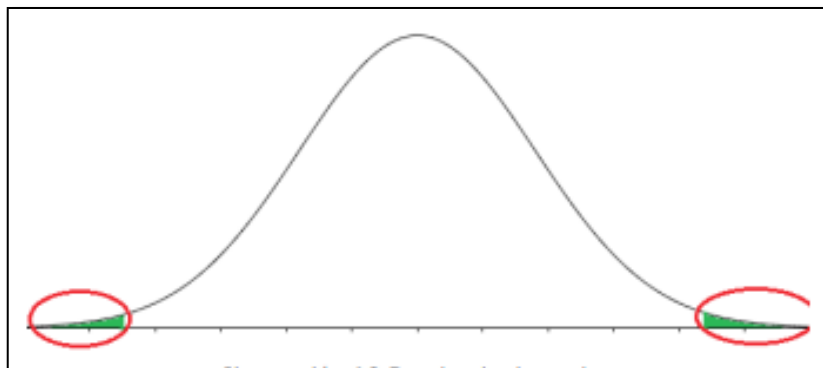
*Ilustración 3- prueba unilateral a la izquierda (Rafael, Teresa Nohemi y Nancy Araceli 2020)*

- **Gráfico de cola derecha** ( $H_1: \mu > 0$ ), utilizado cuando se quiere afirmar que algún número ha aumentado o está por encima de lo establecido.



*Ilustración 4- prueba unilateral a la derecha(Rafael, Teresa Nohemi y Nancy Araceli 2020)*

- **Gráfico de dos colas** ( $H_1: \mu \neq 0$ ), utilizado cuando se desea afirmar que algún número ha cambiado o es diferente de lo establecido.



*Ilustración 5- prueba bilateral(Rafael, Teresa Nohemi y Nancy Araceli 2020)*

**Grados de libertad:** es el número de datos observados.

$$g = n - 1$$

Donde n: es la cantidad de datos analizados.

**Valor crítico:** se obtiene en la tabla de T-Student, con los datos del grado de libertad y el nivel de significancia que se está realizando la prueba de hipótesis. Véase la tabla 38 en anexo E.

**Prueba T:** Es una deducción que sirve para determinar si hay una diferencia significativa en dos grupos.

$$t = \frac{\bar{d}}{S_d/\sqrt{n}}$$

Dónde:

$\bar{d}$  = promedio de las diferencias.

$n$  = número de datos analizados.

$S_d$  = desviación estándar de las diferencias; que está dada por la siguiente formula:

$$S_d = \sqrt{\frac{(d_i - \bar{d})^2}{n - 1}}$$

Basado en estos conceptos y teniendo en cuenta que, lo que se quiere es afirmar que el porcentaje de nuestra variable dependiente ha aumentado, se utilizará la prueba de **cola derecha**.

Siguiendo con la investigación se debe acotar que en la actualidad, la gran mayoría de empresas han tomado conciencia de la importancia de realizar una buena Gestión del Mantenimiento, ya que les brinda confiabilidad en sus procesos de producción, permitiéndoles implementar estrategias para analizar el problema económico que acarrea un mal mantenimiento en ciertos equipos o sistemas, pudiendo así diagnosticar adecuadamente la falla, desarrollando e implementando procesos que promueven de forma activa, la coordinación adecuada de las áreas asignadas para solucionar el problema de forma eficiente y oportuna. Es por ello que antes de implementar cualquier Plan de Gestión de Mantenimiento se deben plantear las siguientes preguntas para cada equipo de la línea de producción:

1. ¿Qué funciones y estándares de desempeño tiene el equipo para poder operar con normalidad? Esto nos indica que se deben identificarse los equipos teniendo en cuenta su importancia, para ello puede elaborarse una lista o registro de cada uno teniendo en cuenta el impacto que tienen los mismos en el proceso.
2. ¿En qué medida no se cumple las funciones para las que fue diseñado? Esto nos indica que se debe determinar las funciones específicas de cada equipo



- a evaluar, y así asegurar las metas establecidas en la producción dependiendo de la disponibilidad y eficiencia de los mismos.
3. ¿Qué causa fallas funcionales? Para este caso se debe tener en cuenta cual es el estándar esperado de rendimiento funcional, lo cual puede definir la calidad y cantidad de mantenimiento.
  4. ¿Qué pasa cuando se presenta una falla en particular? En este caso la experiencia es lo importante, ya que algunos detalles en los equipos nos son especificados por el fabricante, y dado la experiencia del personal, ellos pueden identificar el fallo, sus causas y las consecuencias que puede ocasionar el equipo evaluado en la producción.
  5. ¿Cómo afecta cada falla? Se debe evaluar el impacto que cada falla tiene en diferentes aspectos, tales como seguridad, productividad, etc. Para ello es recomendable aplicar acciones que permitan gestionar los fallos con eficacia, destacando para este fin las ventajas del mantenimiento predictivo. De esta manera se puede decidir con qué frecuencia se puede aplicar cada actividad en específico.
  6. ¿Qué se puede hacer para predecir o prevenir cada falla? En este caso se debe efectuar las herramientas adecuadas de mantenimiento, para determinar el fallo, realizando las acciones pertinentes para solucionarlo eficientemente.
  7. ¿Qué se debe hacer si no se encuentra un plan de acción apropiado? Los resultados de las acciones e RCM, deben ser revisados con regularidad, siendo esto un proceso continuo de monitorear y retroalimentar datos, pudiendo así adaptarse o modificarse de acuerdo a la necesidad.

Cabe recalcar que cada una de estas preguntas podrán ser respondidas después de realizar dos acciones previas con cada equipo, las cuales son: a) Determinar cuál es la función que los usuarios quieren que cumpla y b) Asegurar que el equipo sea capaz de operar como los usuarios esperan (Cárcel Carrasco 2016).

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

3.1.1. Tipo de investigación: Esta investigación será de tipo aplicada, puesto que serán usadas bases teóricas que permitirán determinar el tipo de mantenimiento y sus respectivas estrategias aplicadas por equipo, debido a su nivel de criticidad.

3.1.2. Diseño de investigación: Esta investigación será experimental, puesto que se establecerá la relación de causa y efecto, entre nuestra variable independiente que es la confiabilidad sobre la variable dependiente que es la mantenibilidad.

#### **3.2. Variables y operacionalización**

3.2.1. Variable independiente cuantitativa: Optimizar el nivel de gasto en mantenimiento.

3.2.2. Variable dependiente cuantitativa: La confiabilidad.

3.2.3. Operacionalización: Véase tabla 45 en anexo A.

#### **3.3. Población, muestra y muestreo**

3.3.1. Población: Equipos de la línea 3 de la empresa embotelladora de agua y bebidas gaseosas ubicada en la ciudad de Trujillo. Véase tabla 46 en anexo B.

3.3.2. Muestra: 5 equipos de la línea 3 de la empresa embotelladora de agua y bebidas gaseosas ubicada en la ciudad de Trujillo, dado que ellos son los más críticos para la producción. Véase tabla 47 en anexo C.

3.3.3. Muestreo: A conveniencia de los autores.

#### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Se realizará las técnicas como: análisis documentario, medición de tiempo de trabajo, entrevistas al personal. Véase tabla 48 en anexo D.

### 3.5. Procedimientos

Para ejecutar el siguiente proyecto se utilizará las siguientes fases:

- ✓ Fase 1: Mapeo de todos los equipos de la línea para su análisis respectivo.
- ✓ Fase 2: Elaborar un análisis de nivel de criticidad de los equipos con más bajo nivel de confiabilidad.
- ✓ Fase 3: Propuesta del tipo de mantenimiento adecuada para cada equipo.
- ✓ Fase 4: Realizar el análisis estadístico de los resultados obtenidos con la prueba T-Student.
- ✓ Fase 5: Presentar el análisis económico financiero.

Para una mejor visualización de las fases ver figura 11:

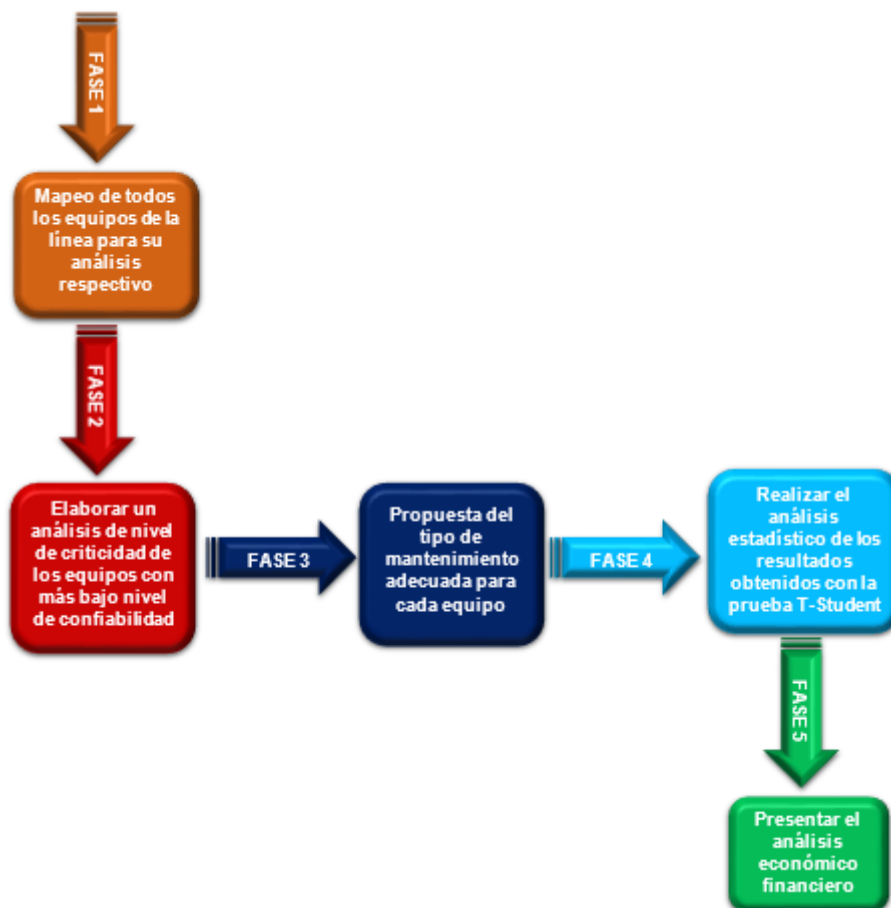


FIGURA 11-PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO (ELABORACIÓN PROPIA)

### 3.6. Método de análisis de datos

Para determinar, cuántos de los equipos de la línea de proceso formaran parte de la prueba de implementación, del plan de Mantenimiento propuesto en esta investigación; será necesario utilizar una hoja de cálculo para poder procesar los datos recopilados de cada uno de ellos, los mismos que serán procesados utilizando las fórmulas y conceptos requeridos para este tipo de análisis.

### 3.7. Aspectos éticos

Para desarrollar esta investigación se tendrá como referencia el código de ética en la investigación de la Universidad César Vallejo (UCV,2017), por ende, se ha referenciado correctamente según la norma ISO toda la información utilizada en este proyecto sin cometer plagio alguno.

## **IV. RESULTADOS**

### **4.1. Mapeo de equipos de la línea.**

Actualmente la línea de proceso de embotellado de bebidas gaseosas, está configurada como un sistema en serie, la misma que cuenta con una diversidad y complejidad de equipos, los cuales están diseñados para el tipo de proceso en mención, se suma a todo esto las diferencias entre cada uno de ellos en cuanto a su operación se refieren.

En la tabla 1, se describen los nombres y características básicas de cada uno de los equipos de la línea.

LÍNEA	MÁQUINA	FABRICANTE	TIPO	MODELO	AÑO DE FABRICACIÓN	PROVEEDOR	AÑO DE INSTALACIÓN EN LA LINEA
LÍNEA 3	TRANSPORTE DE PALETAS	KETTNER	NA	NA	1993	KRONES	2011
	DESPALETIZADORA	KETTNER DUPLEX	DUPLEXEP	92/59023	1993	KRONES	2011
	DESECAJONADORA	KONTI A7	NA	92/04005	1992	KRONES	2011
	LAVADORA DE CAJAS	KRONES	NA	ALEXUS PLUS 100	2010	KRONES	2011
	ENCAJONADORA	KETTNER	NA	K461-142	1990	KRONES	2011
	DESCAPSULADORA	KRONES	720-20-113	K361-038	1995	KRONES	2011
	INSPECTOR ELECTRÓNICO DE OLORES	ENOS	NA	ALEXUS PLUS 100	2015	THERMOFISHER	2016
	LAVADORA DE BOTELLAS	KRONES	FLAMATIC KD 266-630-49-120-4.2	K672-047	1995	KRONES	2011
	INSPECTOR ELECTRÓNICO DE BOTELLAS LIMPIAS	FILTEC	NA	79327L	2011	ALTA BEVERAGE	2011
	LLENADORA	KRONES	VK 140/SV 20-113	K132-578	1994	KRONES	2011
	INSPECTOR ELECTRÓNICO DE NIVEL	KRONES	NA	K 707-M69	1993	KRONES	2011
	SEPARADOR LINEAL	KRONES	083-2213-2-155/95	K-083-380	2001	KRONES	2011
	ETIQUETADORA	KRONES	SOLOMATIC	K018-M80	2019	KRONES	2019
	TRANSPORTE DE BOTELLAS	SIDEL	NA	NA	2010	SIDEL	2011
	TRANSPORTE DE CAJAS	SIDEL	NA	NA	2010	SIDEL	2011
PALETIZADORA	KETTNER	DUPLEXBP	92/60027	1993	KRONES	2011	

TABLA 1- EQUIPOS DE LA LINEA 3 (ELABORACIÓN PROPIA)

#### 4.1.1. Transporte de pallets:

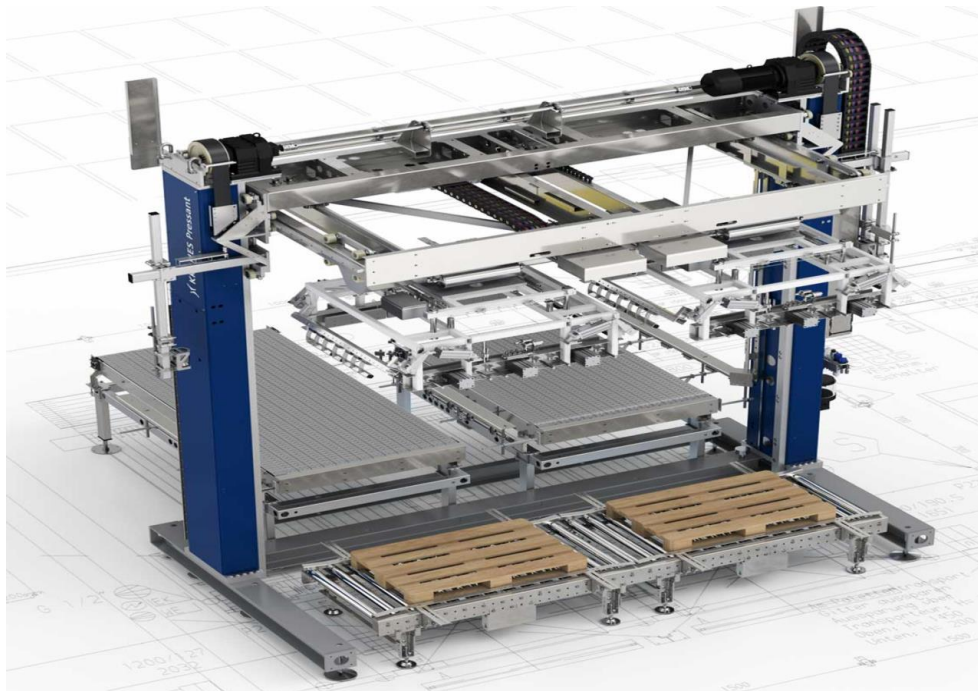
Equipo cuya función es la recepción de palets con cajas y botellas vacías, que servirán para la producción del día, este equipo está formado por un conjunto de transportes del tipo cadena, motor-reductores, sensores de posición y pistones neumáticos. Este equipo interconecta los equipos Despaletizadora y paletizadora, puesto que, el palet vacío sirve para volver a armar un palet con cajas y botellas llenas de bebida con el producto final que saldrá al mercado, referencia figura 12.



*FIGURA 12- TRANSPORTE DE PALET*

#### 4.1.2. Despaletizadora:

Equipo que se encarga de descargar las cajas con botellas vacías que llegan por medio del transporte de palets, estas cajas son movidas hacia el equipo llamado Desencajonadora por medio del transporte de cajas, referencia figura 13.



*FIGURA 13- DESPALETIZADORA*



#### 4.1.3. Desencajonadora:

Encargado de retirar las botellas que se encuentran dentro de las cajas que vienen desde la Despaletizadora por medio del Transporte de cajas, siendo las botellas posicionadas y trasladadas por medio del Transporte de botellas, y las cajas vacías son llevadas por medio del transporte de cajas hacia la lavadora de cajas, referencia figura 14.



FIGURA 14- DESECAJONADORA

#### 4.1.4. Lavadora de cajas:

Este equipo es el encargado de realizar la limpieza de las cajas vacías que llegan por medio del transporte de cajas desde la Desencajadora, la limpieza es realizada por medio de chorros de agua a presión mediante 2 electrobombas, y secadas parcialmente con un ventilador centrífugo, referencia figura 15.



FIGURA 15- LAVADORA DE CAJAS

#### 4.1.5. Encajonadora:

Equipo encargado de colocar las botellas en sus respectivas cajas (las cuales llegan ya limpias desde la lavadora de cajas), mediante un sistema mecánico y neumático, dependiendo del formato, puede llenar de 8 a 10 cajas a la vez, siendo la cantidad de botellas por caja y de acuerdo al tamaño de la misma de 6 a 12 botellas, referencia figura 16.

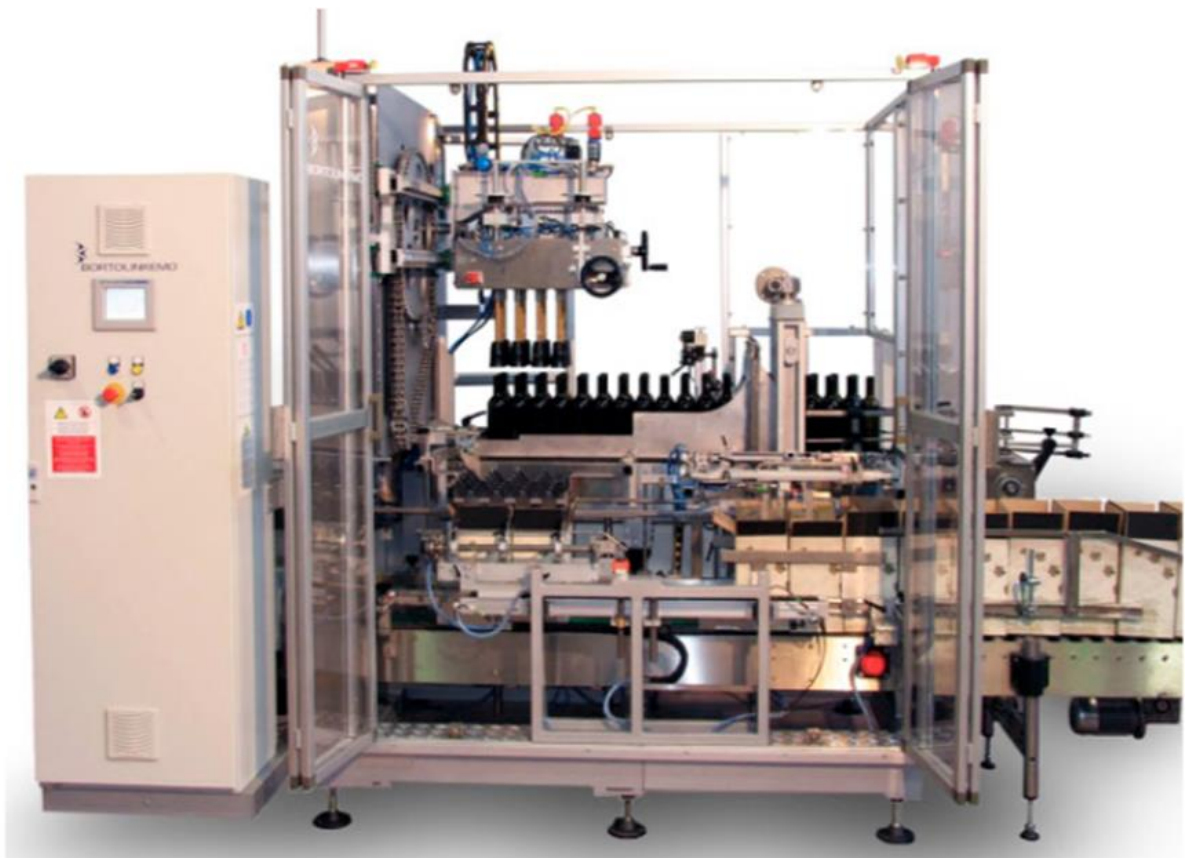


FIGURA 16- ENCAJONADORA

#### 4.1.6. Descapsuladora:

Se encarga de retirar las tapas plásticas que puedan tener las botellas, las cuales llegan por medio del transporte de botellas, la tapa retirada es evacuada por un ducto presurizado con un ventilador centrífugo, hacia un recipiente apropiado para su deshecho correspondiente referencia figura 17.



*FIGURA 17- DESCAPSULADORA*



#### 4.1.7. Inspector electrónico de olores:

Usado exclusivamente para botellas plásticas, y cuya función es descartar las botellas que tengan contaminantes químicos, como restos de combustibles, residuos orgánicos que generen gases amoniacales, y solventes como el thinner. Su funcionamiento se basa en la reacción química del contaminante, que pueda estar en la botella. La adición de ozono y carbonato de sodio, lo cual, al ser expuesto a altos voltajes, generan patrones de luz, y la electrónica diferencia esos patrones, realizando comparaciones de acuerdo a los parámetros de calibración, dando lugar a un descarte de botella o a un pase conforme, referencia figura 18.

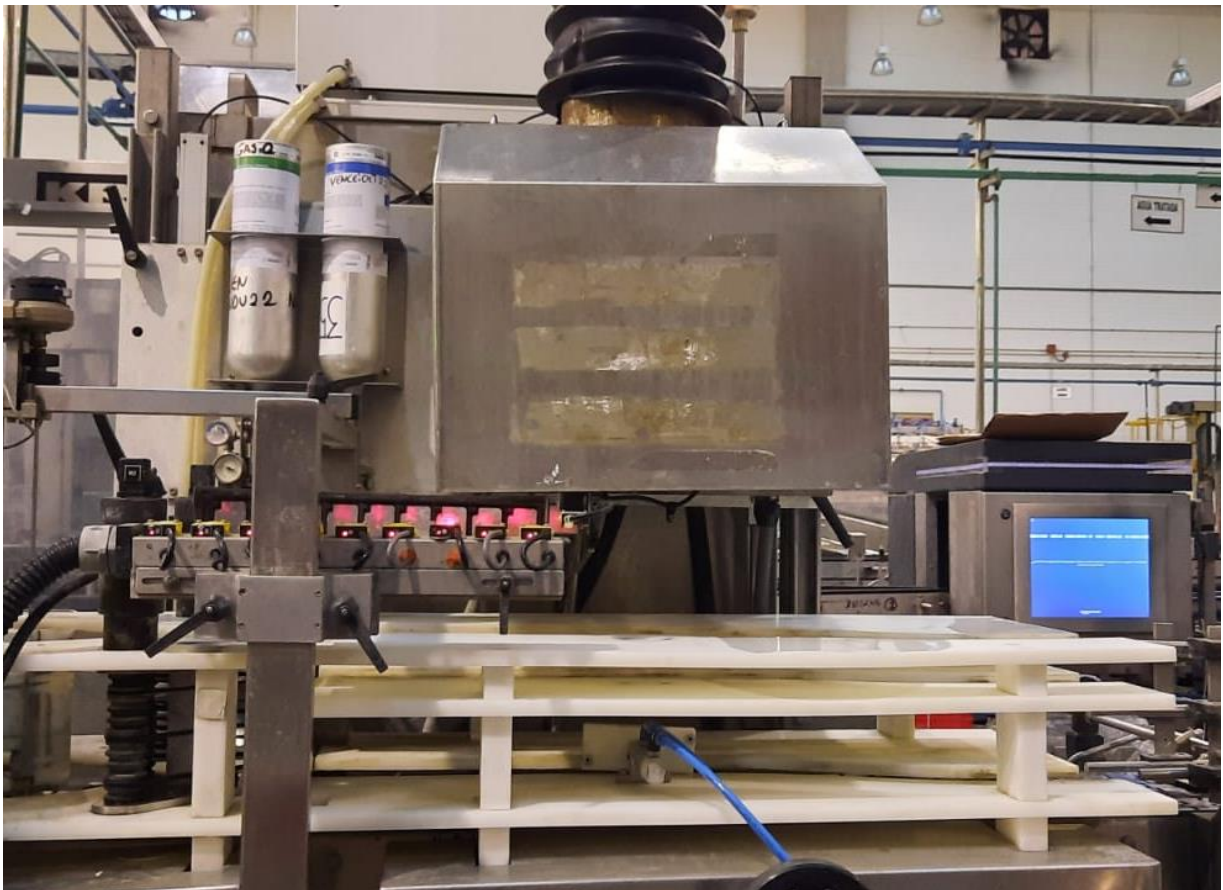


FIGURA 18- INSPECTOR ELECTRÓNICO DE OLORES

#### 4.1.8. Lavadora de botellas:

Su función es el lavado y desinfectado de las botellas que se usarán para la producción, el lavado es mediante una mezcla de agua y soda caustica, a una temperatura de 55°C para botellas plásticas y de 65°C para botellas de vidrio, este flujo es recirculado por medio de electrobombas y en dos tanques diferentes, después de este proceso las botellas pasan por un proceso de pre-enjuague con agua a una temperatura aproximada de 40 a 50°C, para evitar la rotura de botellas, seguidamente pasa por un segundo y tercer chorro de agua, pero esta vez es agua nanofiltrada que dará el enjuague final, a la botella limpia completamente, la cual será analizada con reactivos, para validar la no presencia de restos cáusticos, y proceder a la producción con normalidad, referencia figura 19.

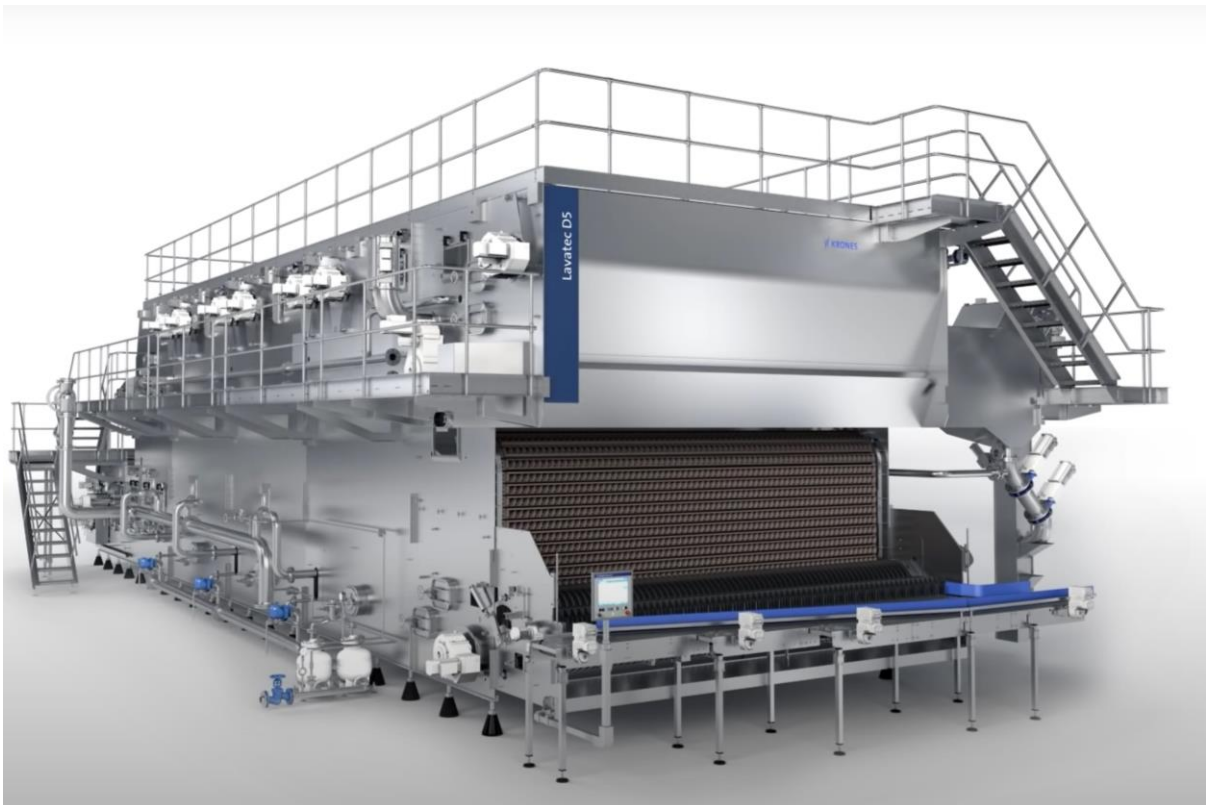


FIGURA 19- LAVADORA DE BOTELLAS

#### 4.1.9. Inspector electrónico de botellas:

Es el encargado de inspeccionar la botella que viene desde la lavadora de botellas, realizando una inspección a cada botella a una velocidad máxima de 600 botellas/minuto, para garantizar la correcta limpieza de cada botella, así como, algún defecto que no garantice embotellar un producto inocuo y de calidad. El equipo cumple su función por medio de 5 cámaras de video con procesamiento de imágenes a alta velocidad, los cuales son procesados por medio de su electrónica y de acuerdo a los parámetros ya establecidos por cada tipo de botella procede a dar pase conforme o no conforme, siendo las botellas conformes las que van a ser llenadas con bebida y las no conformes serán descartadas, referencia figura 20.



FIGURA 20- INSPECTOR ELECTRONICO DE BOTELLAS



#### 4.1.10. Llenadora:

Máquina encargada de llenar la bebida en su respectiva botella, así como colocarle su tapa correspondiente, pudiendo ser tapa de material plástico o metálico, la máquina puede realizar todo esto a una velocidad de hasta 600 botellas/minuto, la bebida se adiciona a la botella por medio de una válvula especial, que hermetiza cada botella e iguala la presión con la presión de llenado, para poder así garantizar cero fugas, referencia figura 21.



FIGURA 21- LLENADORA



#### 4.1.11. Inspector electrónico de nivel:

Equipo encargado de inspeccionar el nivel de cada botella que sale de la llenadora, las botellas con bajo nivel serán rechazadas por medio del separador lineal, el equipo funciona por medio de una radiación controlada de rayos gama, la misma que mediante la electrónica, procesa los parámetros obtenidos y procede a realizar la inspección respectiva, referencia figura 22.



*FIGURA 22- INSPECTOR ELECTRÓNICO DE NIVEL*

#### 4.1.12. Separador lineal:

Equipo que trabaja conjuntamente con el inspector de nivel, este equipo recibe señales electrónicas desde el inspector, para que rechace las botellas de bajo nivel, siendo un actuador neumático el encargado de realizarlo, referencia figura 23.



*FIGURA 23- SEPARADOR LINEAL*

#### 4.1.13. Etiquetadora:

Su función es colocar automáticamente etiquetas de papel con el logo respectivo para el producto embotellado, su control es electrónico por medio de sensores y encoders, además de sistemas electroneumáticos, como pistones y electroválvulas, referencia figura 24.



FIGURA 24- ETIQUETADORA



#### 4.1.14. Transporte de botellas:

Es el equipo que interconecta a casi todos los equipos de la línea de proceso, puesto que su función es llevar las botellas de maquina en máquina desde la desencajadora hasta la encajonadora, consta de transportes tipo cadena de tablillas, motores, sensores y sistemas electroneumáticos, el control esta realizado por medio de PLC y enlazado a todos los equipos, referencia figura 25.



*FIGURA 25- TRANSPORTE DE BOTELLAS*

#### 4.1.15. Transporte de cajas:

Equipo encargado de llevar las cajas desde la despaletizadora hasta la paletizadora, ya sean vacías y/o botellas después de la encajonadora, consta de transporte tipo cadena de tablillas, motores, sensores y sistemas electroneumáticos, su control al igual que el transporte de botellas es con PLC, referencia figura 26.



FIGURA 26- TRANSPORTE DE CAJAS

#### 4.1.16. Paletizadora:

Recepciona las cajas con botellas llenas de producto, y se encarga de armar el pallet correspondiente, que será el producto final que llegará al cliente, consta de sistemas electroneumáticos, pistones, electroválvulas y sensores, referencia figura 27.

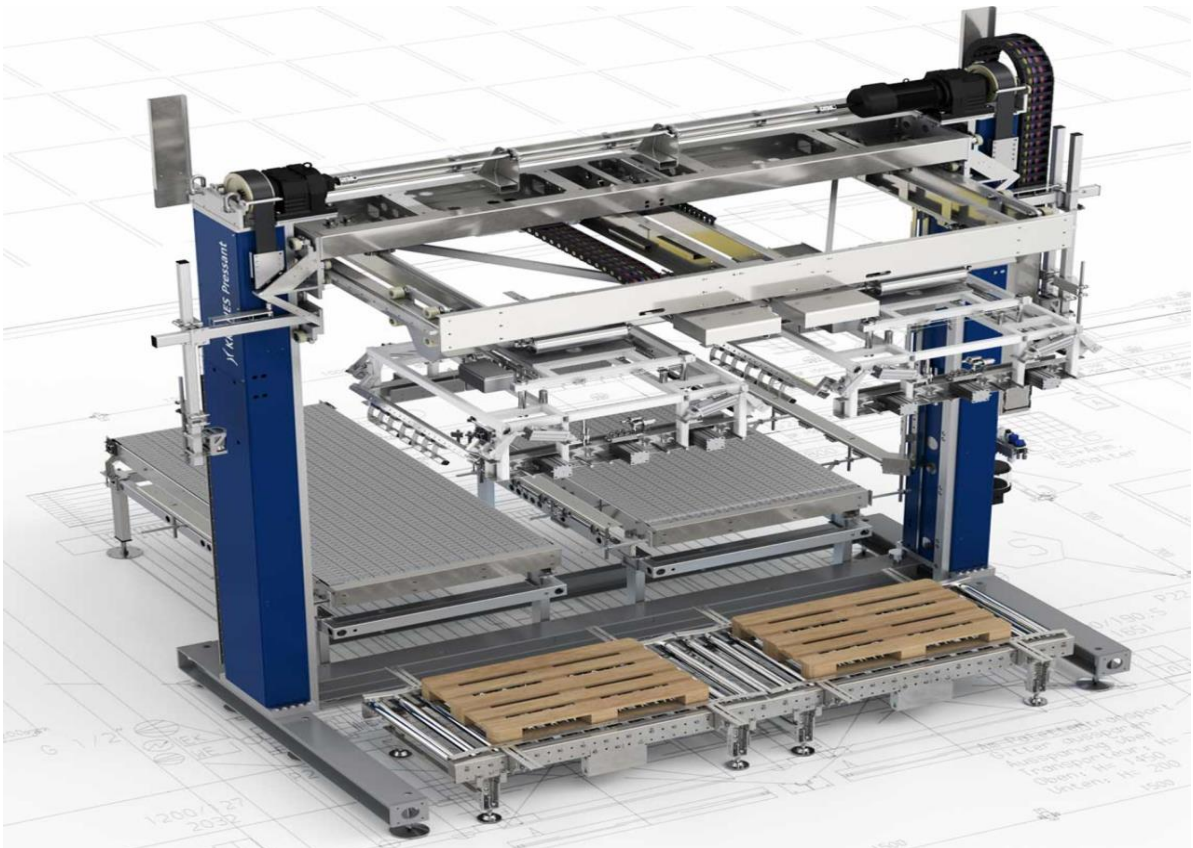


FIGURA 27- PALETIZADORA

Diagrama de flujo de la línea 3

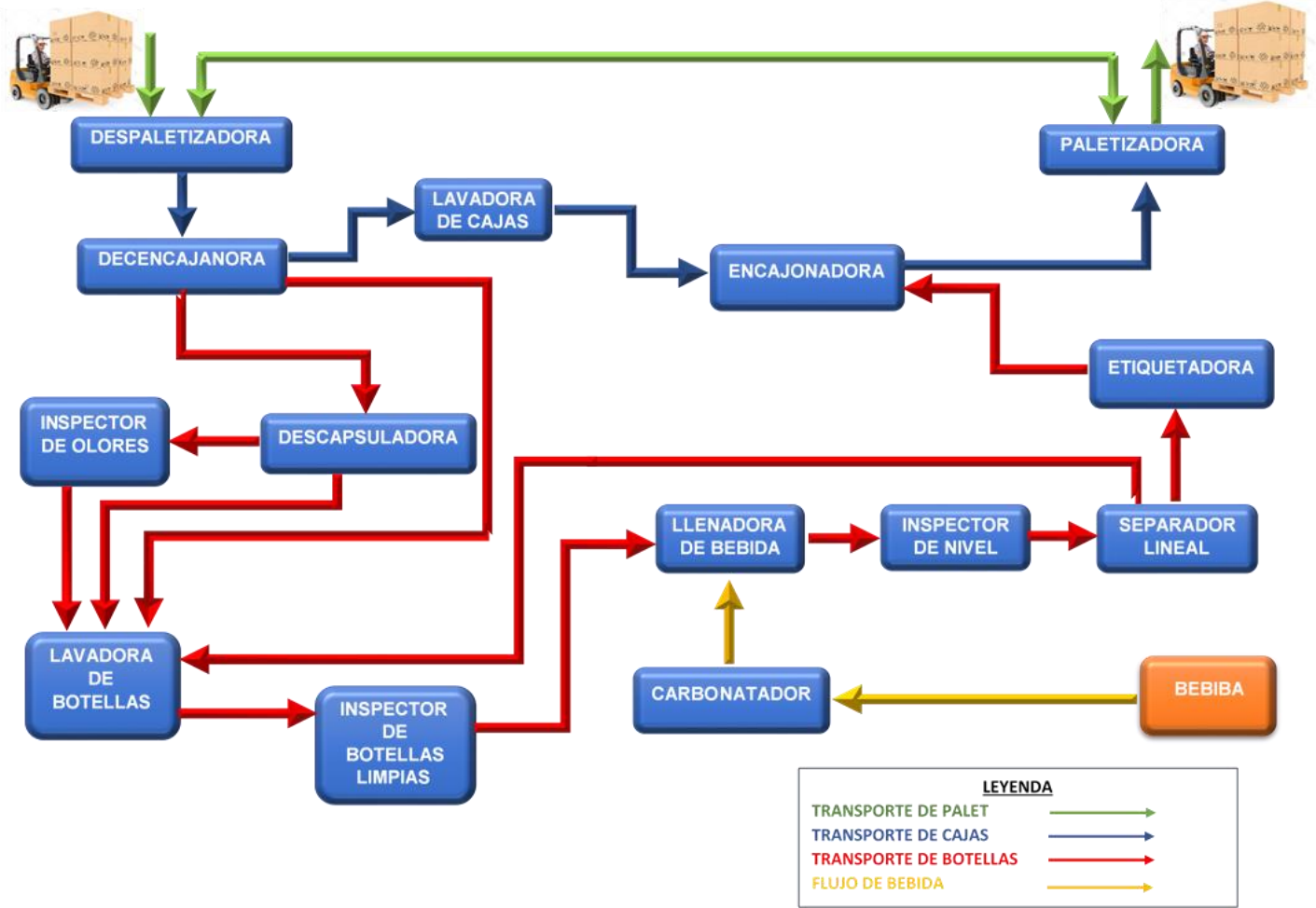


FIGURA 28- DISTRIBUCIÓN DE LOS EQUIPOS DE LA LINEA (ELABORACIÓN PROPIA)

4.2. Análisis de nivel de criticidad de los equipos con más bajo nivel de confiabilidad.

Utilizando los criterios para determinar niveles de criticidad, según lo que indica la SMRP (Society of Maintenance and Reliability Professionals), usaremos la tabla 2.



TABLA DE PONDERACIÓN				
ÍTEM	VARIABLES	CONCEPTO	PONDERACION	OBSERVACIONES
<b>1</b>	<b>Efecto sobre el Servicio que proporciona:</b>			
		Para	4	
		Reduce	2	
		No para	0	
<b>2</b>	<b>Valor Técnico - Económico:</b>			
	Considerar el costo de Adquisición, Operación y Mantenimiento.	Alto	3	Más de U\$ 251000 ¿Cuánto es en su empresa?
		Medio	2	
		Bajo	1	Menos de U\$ 84400 ¿Cuánto es en su empresa?
<b>3</b>	<b>La falla Afecta:</b>			
	a. Al Equipo en si	Si	1	Deteriora otros componentes?
		No	0	
	b. Al Servicio	Si	1	Origina problemas a otros equipos?
		No	0	
	c. Al operador:	Riesgo	1	Posibilidad de accidente del operador?
		Sin Riesgo	0	
	d. A la seguridad en grl.	Si	1	Posibilidad de accidente a otras personas ù otros equipos cercanos.
		No	0	
<b>4</b>	<b>Probabilidad de Falla (Confiabilidad)</b>			
		Alta	2	Se puede asegurar que el equipo va a trabajar correctamente cuando se le necesite?
		baja	0	
<b>5</b>	<b>Flexibilidad del Equipo en el Sistema:</b>			
		Único	2	No existe otro igual o similar
		By pass	1	El sistema puede seguir funcionando.
		Stand by	0	Existe otro igual o similar no instalado
<b>6</b>	<b>Dependencia Logística:</b>			
		Extranjero	2	Repuestos se tienen que importar
		Loc./Ext.	1	Algunos repuestos se compran localmente.
		Local	0	Repuestos se consiguen localmente.
<b>7</b>	<b>Dependencia de la Mano de Obra:</b>			
		Terceros	2	El Mantenimiento requiere contratar a terceros.
		Propia	0	El Mantenimiento se realiza con personal propio.
<b>8</b>	<b>Facilidad de Reparación (Mantenibilidad):</b>			
		Baja	1	Mantenimiento difícil.
		Alta	0	Mantenimiento fácil.

ESCALA DE REFERENCIA	
<b>A</b>	<b>CRITICA</b> 16 a 20
<b>B</b>	<b>IMPORTANTE</b> 11 a 15
<b>C</b>	<b>REGULAR</b> 06 a 10
<b>D</b>	<b>OPCIONAL</b> 00 a 05

TABLA 2- PONDERACIÓN

#### 4.2.1. Costos de adquisición, mantenimiento y operación.

La siguiente tabla, nos muestra los costos de adquisición, costo de mantenimiento y operación de los equipos a analizar.

ÍTEM	EQUIPO	COSTO EN \$	COSTO DE MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN EN \$	COSTO TOTAL
1	SEPARADOR LINEAL	10000	80000	90000
2	DESPALETIZADORA	28000	34200	62200
3	DESCAPSULADORA	15000	49800	64800
4	TRANSPORTADOR DE PALETAS	19000	180000	199000
5	INSPECTOR ELECTRÓNICO DE NIVEL	10000	80000	90000
6	LAVADORA DE CAJAS	11000	90000	101000
7	DESECAJONADORA	19500	64200	83700
8	INSPECTOR ELECTRÓNICO DE OLORES	29800	252000	281800
9	INSPECTOR ELECTRÓNICO DE BOTELLAS	29800	246000	275800
10	TRANSPORTADOR DE CAJAS	28000	49800	77800
11	ENCAJONADORA	38000	120000	158000
12	LAVADORA DE BOTELLAS	51000	204000	255000
13	PALETIZADORA	27000	204000	231000
14	ETIQUETADORA	10000	80000	90000
15	TRANSPORTADOR DE BOTELLAS	37000	134200	171200
16	LLENADORA (ENVASADORA)	47000	204000	251000

<b>RANGO</b>	219600.00
<b>INTERVALOS</b>	3
<b>MARCA DE CLASE</b>	73200.00

	MIN	MAX
<b>ALTO (3)</b>	208600.00	281800.00
<b>MEDIO (2)</b>	135400.00	208600.00
<b>BAJO (1)</b>	62200.00	135400.00

CRITERIOS	
CRITICO	
IMPORTANTE	
REGULAR	
OPCIONAL	

TABLA 3- COSTOS DE ADQUISICIÓN, MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN (ELABORACIÓN PROPIA)

4.2.2. Análisis de fallos de los tres últimos años.

- ✓ Análisis año 2018: En la tabla 4, se muestra el análisis de fallos y sus respectivos cálculos de acuerdo a las horas de operación.

ÍTEM	EQUIPO	Horas de Operación	Número de Fallos	MTBF	Ai	TIEMPO TOTAL DE REPARACIONES	MTTR	R(t)	M(t)
1	SEPARADOR LINEAL	5720	264	21.67	99.97%	1.73	0.01	95.49%	100.00%
2	DESPALETIZADORA	5420	876	6.19	99.52%	25.88	0.03	85.08%	100.00%
3	DESCAPSULADORA	5650	612	9.23	98.80%	68.80	0.11	89.73%	99.99%
4	TRANSPORTADOR DE PALETAS	4750	684	6.94	99.38%	29.76	0.04	86.59%	100.00%
5	INSPECTOR ELECTRÓNICO DE NIVEL	5720	360	15.89	99.22%	44.79	0.12	93.90%	99.97%
6	LAVADORA DE CAJAS	5650	636	8.88	99.16%	47.95	0.08	89.35%	100.00%
7	DESENCAJONADORA	5700	1020	5.59	99.02%	56.28	0.06	83.61%	100.00%
8	INSPECTOR ELECTRÓNICO DE OLORES	5650	900	6.28	98.31%	97.18	0.11	85.27%	99.99%
9	INSPECTOR ELECTRÓNICO DE BOTELLAS	5725	900	6.36	97.10%	170.87	0.19	85.45%	99.48%
10	TRANSPORTADOR DE CAJAS	5600	1152	4.86	98.55%	82.17	0.07	81.41%	100.00%
11	ENCAJONADORA	5680	1044	5.44	98.01%	115.31	0.11	83.21%	99.99%
12	LAVADORA DE BOTELLAS	5700	1020	5.59	95.32%	280.17	0.27	83.61%	97.38%
13	PALETIZADORA	5350	1176	4.55	93.17%	392.12	0.33	80.27%	95.02%
15	TRANSPORTADOR DE BOTELLAS	5616	1404	4.00	85.01%	990.39	0.71	77.88%	75.77%
16	LLENADORA (ENVASADORA)	5720	1429	4.00	85.45%	973.85	0.68	77.89%	76.95%

TABLA 4- ANÁLISIS DE FALLO AÑO 2018 (ELABORACIÓN PROPIA)

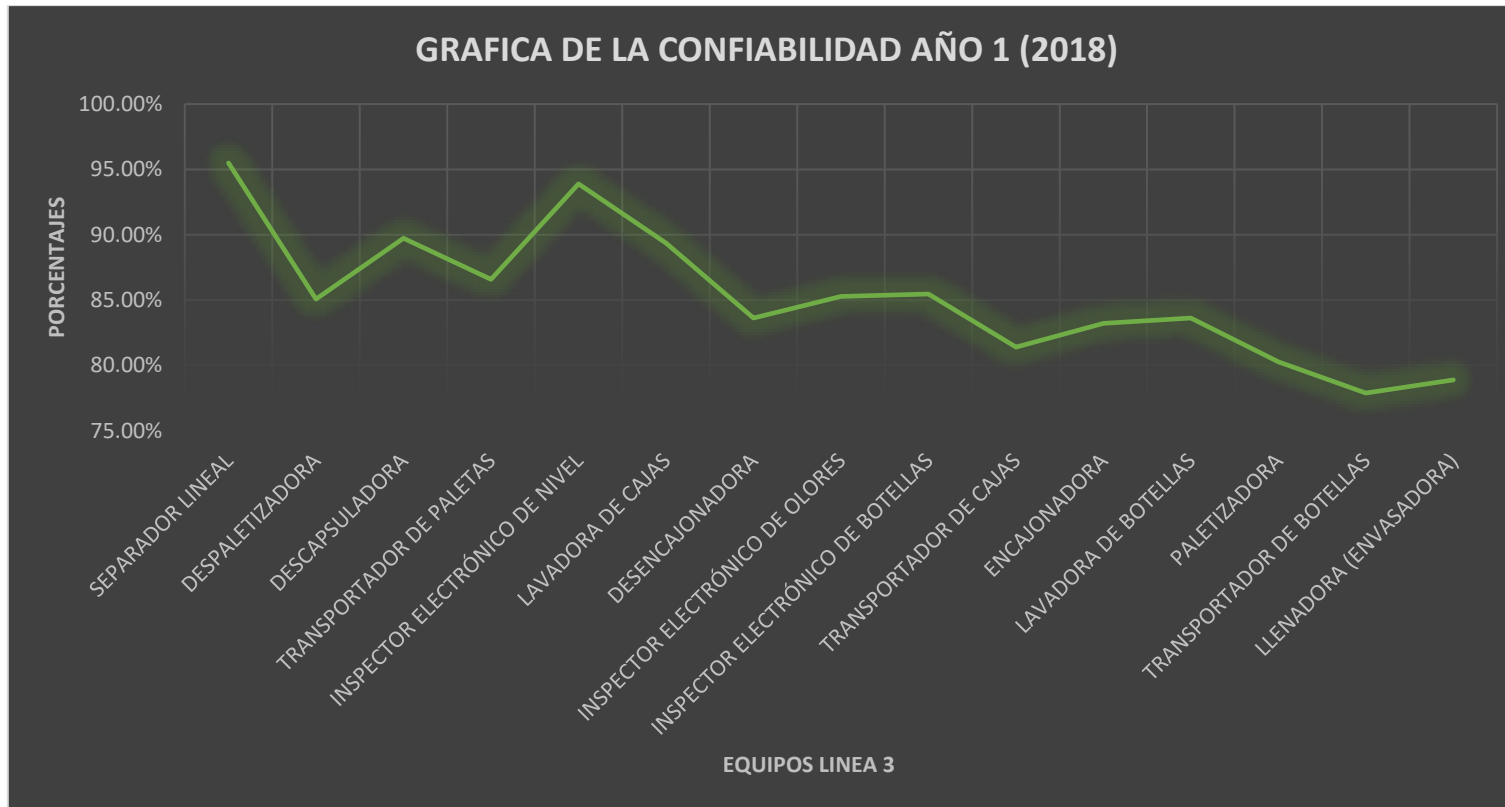


FIGURA 29- CURVA DE CONFIABILIDAD AÑO 2018

- ✓ Según el análisis de fallos de la tabla 4 del año 2018, se seleccionaron los tres equipos con más bajo nivel de Confiabilidad, los mismos que servirán de muestra para el análisis de criticidad.

PROBABILIDAD DE FALLA			
EQUIPO A ANALIZAR	Horas de Operación	Número de Fallas	MTBF
PALETIZADORA	5350	1176	4.55
TRANSPORTADOR DE BOTELLAS	5616	1404	4.00
LLENADORA (ENVASADORA)	5720	1429	4.00

MEDIA MTBF=	4.27	
Alta confiabilidad >	4.27	Baja probabilidad de falla
Baja confiabilidad <	4.27	Alta probabilidad de falla

FACILIDAD DE REPARACION			
EQUIPO A ANALIZAR	Horas de reparación	Número de Fallas	MTTR
PALETIZADORA	392.12	1176	0.33
TRANSPORTADOR DE BOTELLAS	990.39	1404	0.71
LLENADORA (ENVASADORA)	973.85	1429	0.68

MEDIA MTTR=	0.52	
Baja facilidad de reparación >	0.52	Baja mantenibilidad
Alta facilidad de reparación <	0.52	Alta mantenibilidad

ÍTEM	CÓDIGO	NOMBRE DEL EQUIPO	PONDERACIÓN											ESCALA DE REFERENCIA	
			1	2	3A	3B	3C	3D	4	5	6	7	8		TOTAL
1		PALETIZADORA	4	3	1	1	1	1	0	2	0	2	0	15	IMPORTANTE
2		TRANSPORTADOR DE BOTELLAS	4	2	1	1	0	1	2	2	1	2	1	17	CRÍTICO
3		LLENADORA (ENVASADORA)	4	3	1	1	0	1	0	2	1	2	1	16	CRÍTICO

RESUMEN	Escala de referencia	CANTIDAD	
	CRITICO	2	100%
	IMPORTANTE	1	
	REGULAR	0	90%
	OPCIONAL	0	80%

TABLA 5- ANALISIS DE CRITICIDAD DEL AÑO 2018 (ELABORACIÓN PROPIA)

- ✓ Análisis de modo efecto falla de cada equipo con bajo nivel de confiabilidad del año 2018, para poder determinar el tipo de mantenimiento adecuado para cada uno de ellos.

PALETIZADORA										
MODO DE FALLA	CONSECUENCIA	HORAS DE OPERACIÓN	Nº de fallas	HORAS DE DURACION FALLAS	MTBF	MTTR	F	D	G	NPR
MECANISMO Y SISTEMA NEUMATICO DE RASTRILLO 1 Y 2, PROVOCA TRABAMIENTO DE MOTOR.	PÉRDIDA PRODUCTIVA	5350	300	97.03	17.83	0.32	5	1	3	15
TRABAMIENTO DE CADENAS DE MESA DE CARGA, PROVOCA RECALENTAMIENTO DE MOTOR Y DESCARRILAMIENTO DE CADENAS	PÉRDIDA PRODUCTIVA	5350	192	76.02	27.86	0.40	5	2	3	30
PISTAS ROTAS O DESGASTADAS DE TRANSPORTE DE ARRASTRE DE CAJAS, A CAUSA DE ELEMENTOS AJENOS AL EQUIPO.	ALTO COSTO DE MANTENIMIENTO	5350	144	43.01	37.15	0.30	5	1	1	5
ROTURA DE CADENAS Y DAÑO DE MOTOREDUCTOR POR CONSTANTES TRABAMIENTO A CAUSA DE DESGASTE EN LAS CADENAS	DAÑO AL MEDIO AMBIENTE	5350	120	31	44.58	0.26	4	1	4	16
ROTURA DE SENSORES DE POSICION DE CAJAS	PERDIDA PRODUCTIVA	5350	36	43.03	148.61	1.20	1	5	3	15
TRABAMIENTO DE MECANISMO EN SISTEMA DE TRASLAIÓN DE CABEZAL	ALTO COSTO DEMANTENIMIENTO	5350	156	65.01	34.29	0.42	5	2	1	10
ROTURA DE MEANISMO DE SUJECIÓN DE CAJAS EN CABEZAL	SEGURIDAD	5350	228	37.02	23.46	0.16	5	1	5	25

FRECUENCIA		
	MIN	MAX
1	122.46	148.61
2	96.30	122.46
3	70.14	96.30
4	43.99	70.14
5	17.83	43.99

GRAVEDAD	
1	AR
2	PP
3	PP
4	MA
5	SE

DETECCIÓN		
	MIN	MAX
1	0.16	0.37
2	0.37	0.58
3	0.58	0.78
4	0.78	0.99
5	0.99	1.20

RANGO	130.78	1.03
INTERVALO	5	5
MARCA DE CLASE	26.16	0.21

TABLA 6- ANALISIS DE MODO DE EFECTO FALLA DE LA PALETIZADORA DEL AÑO 2018 (ELABORACIÓN PROPIA)

TRANSPORTADOR DE BOTELLAS										
MODO DE FALLA	CONSECUENCIA	HORAS DE OPERACIÓN	N° de fallas	HORAS DE DURACION FALLAS	MTBF	MTTR	F	D	G	NPR
CADENAS DESGASTADAS POR DEFICIENTE LUBRICACIÓN, PROVOCAN TRABAMIENTO DE MOTORES.	PÉRDIDA PRODUCTIVA	5616	384	184.27	14.63	0.48	5	1	3	15
TRABAMIENTO DE CADENAS POR AGENTES EXTERNOS, VIDRIOS, BASURA, ETC.	PÉRDIDA PRODUCTIVA	5616	60	105.24	93.60	1.75	1	5	3	15
FALLAS POR PISTAS DE ARRASTRE DE CADENAS DE TABLILLAS, ROTAS O DESGASTADAS	ALTO COSTO DE MANTENIMEINTO	5616	180	122.35	31.20	0.68	4	1	1	4
ROTURA DE CADENAS Y DAÑO PREMATURO DE MOTOREDUCTOR	DAÑO AL MEDIO AMBIENTE	5616	204	89.83	27.53	0.44	5	1	4	20
TRABAMIENTO DE CADENA Y CORTE DE CABLE DE ALIMENTACIÓN ELECTRICA DE MOTOR	SEGURIDAD	5616	252	169.42	22.29	0.67	5	1	5	25
DESGASTSE EN GUIAS DE TRANSPORTE Y ROTURA DE PERNOS	ALTO COSTO DEMANTENIMEINTO	5616	168	184.06	33.43	1.10	4	3	1	12
LUBRICACIÓN INADECUADA DE CADENAS DE ARRASTRE, PROVOCA DESGASTE PREMATUROS Y ROTURAS	ALTO COSTO DEMANTENIMEINTO	5616	156	135.22	36.00	0.87	4	2	1	8

FRECUENCIA		
	MIN	MAX
1	77.81	93.60
2	62.01	77.81
3	46.22	62.01
4	30.42	46.22
5	14.63	30.42

GRAVEDAD	
1	AR
2	PP
3	PP
4	MA
5	SE

DETECCIÓN		
	MIN	MAX
1	0.44	0.70
2	0.70	0.97
3	0.97	1.23
4	1.23	1.49
5	1.49	1.75

RANGO	78.98	1.31
INTERVALO	5	5
MARCA DE CLASE	15.80	0.26

TABLA 7- ANÁLISIS DE MODO DE EFECTO FALLA DEL TRANSPORTE DE BOTELLAS DEL AÑO 2018 (ELABORACIÓN PROPIA)

LLENADORA (ENVASADORA)										
Modo de falla	CONSECUENCIA	HORAS DE OPERACIÓN	N° de fallas	HORAS DE DURACIÓN FALLAS	MTBF	MTTR	F	D	G	NPR
MAL MONTAJE DE TUBOS DE VENDEO, PROVOCA DAÑOS PREMATUROS DEL MISMO.	PÉRDIDA PRODUCTIVA	5720	419	189.28	13.65	0.45	5	1	3	15
MANTENIMIENTO DEFECTUOSO DE VALVULAS DE LLENADO, PROVOCA FUGAS Y PERDIDAS DE BEBIDAS	PÉRDIDA PRODUCTIVA	5720	221	176.26	25.88	0.80	3	4	3	36
DESGASTE DE ROLAS DE POSICIÓN DE VÁLVULAS DE LLENADO PROVOCA MAL CENTRADO DE BOTELLAS	ALTOCOSTO DE MANTENIMEINTO	5720	182	144.57	31.43	0.79	3	4	1	12
FALTA DE MANTENIMIENTO DE LEVANTADORES HIDRAULICOS, PROVOCA FUGAS DE ACEITE.	DAÑO AL MEDIO AMBIENTE	5720	208	128.93	27.50	0.62	3	2	4	24
MALA REGULACIÓN DE SESNORES DE POSICION DE VALVULA PROVOCA LA ROTURA DE LOS MISMOS	PERDIDA PRODUCTIVA	5720	146	97.25	39.18	0.67	2	2	3	12
AJUSTE INCORRECTO DE ALTURA DE TAZA DE LLENADO PROVOCA ROTURA DE BOTELLAS Y DAÑOS EN ROLAS DE TULIPAS	ALTO COSTO DEMANTENIMEINTO	5720	133	138.58	43.01	1.04	1	5	1	5
FALTA DE MANTENIMIENTO EN VALVULAS ELECTRONUEMATICAS DE INGRESO DE BEBIDAS, PROVOCA DAÑOS PREMATUROS.	SEGURIDAD	5720	120	98.98	47.67	0.82	1	4	5	20

FRECUENCIA		
	MIN	MAX
1	40.86	47.67
2	34.06	40.86
3	27.26	34.06
4	20.45	27.26
5	13.65	20.45

GRAVEDAD	
1	AR
2	PP
3	PP
4	MA
5	SE

DETECCIÓN		
	MIN	MAX
1	0.45	0.57
2	0.57	0.69
3	0.69	0.81
4	0.81	0.92
5	0.92	1.04

RANGO	34.02	0.59
INTERVALO	5	5
MARCA DE CLASE	6.80	0.12

TABLA 8- ANÁLISIS DE MODO DE EFECTO FALLA DE LA LLENADORA DEL AÑO 2018 (ELABORACIÓN PROPIA)



- ✓ Análisis año 2019: En la tabla 5, se muestra el análisis de fallos y sus respectivos cálculos de acuerdo a las horas de operación.

ÍTEM	EQUIPO	Horas de Operación	Número de Fallas	MTBF	Ai	TIEMPO TOTAL DE REPARACIONES	MTTR	R(t)	M(t)
1	SEPARADOR LINEAL	5720	144	39.72	99.97%	1.55	0.01	97.51%	100.00%
2	DESPALETIZADORA	5420	348	15.57	99.25%	41.15	0.12	93.78%	99.98%
3	DESCAPSULADORA	5650	444	12.73	99.15%	48.59	0.11	92.44%	99.99%
4	TRANSPORTADOR DE PALETAS	4750	612	7.76	98.78%	58.45	0.10	87.91%	100.00%
5	INSPECTOR ELECTRÓNICO DE NIVEL	5720	300	19.07	98.96%	59.97	0.20	94.89%	99.33%
6	LAVADORA DE CAJAS	5650	264	21.40	98.80%	68.60	0.26	95.43%	97.87%
7	DESENCAJONADORA	5700	936	6.09	98.67%	76.96	0.08	84.86%	100.00%
8	INSPECTOR ELECTRÓNICO DE OLORES	5650	696	8.12	97.28%	158.17	0.23	88.41%	98.77%
9	INSPECTOR ELECTRÓNICO DE BOTELLAS	5725	816	7.02	97.21%	164.05	0.20	86.72%	99.31%
10	TRANSPORTADOR DE CAJAS	5600	1260	4.44	96.83%	183.46	0.15	79.85%	99.90%
11	ENCAJONADORA	5680	984	5.77	96.66%	196.25	0.20	84.09%	99.34%
12	LAVADORA DE BOTELLAS	5700	960	5.94	93.27%	411.57	0.43	84.50%	90.30%
13	PALETIZADORA	5350	1380	3.88	92.20%	452.65	0.33	77.26%	95.26%
14	ETIQUETADORA	4050	60	67.50	99.63%	15.00	0.25	98.53%	98.17%
15	TRANSPORTADOR DE BOTELLAS	5616	1512	3.71	87.46%	805.32	0.53	76.40%	84.70%
16	LLENADORA (ENVASADORA)	5720	1560	3.67	87.23%	837.67	0.54	76.13%	84.47%

TABLA 9- ANALISIS DE FALLO AÑO 2019 (ELABORACIÓN PROPIA)

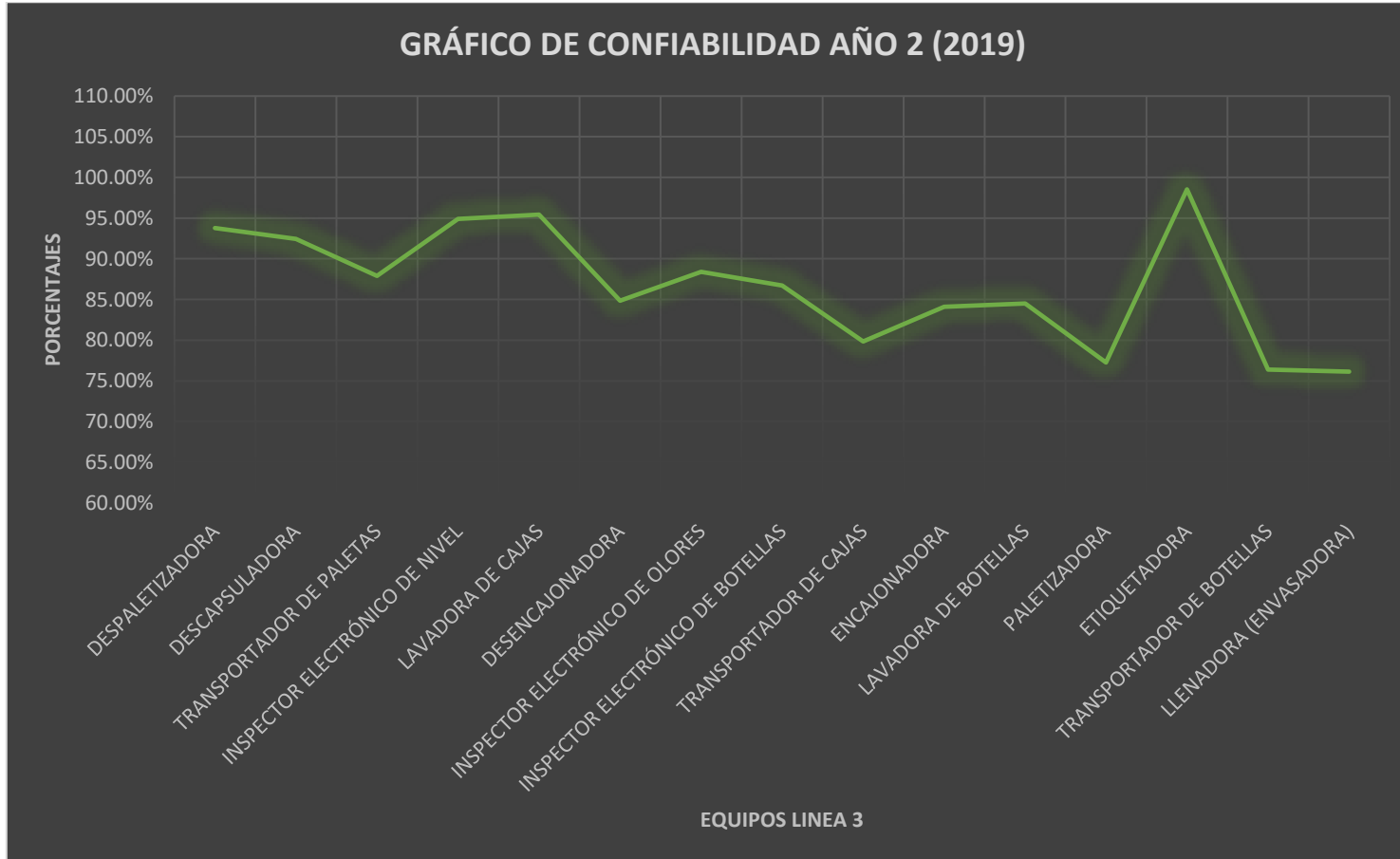


FIGURA 30- CURVA DE CONFIABILIDAD AÑO 2019

- ✓ Según el análisis de fallos de la tabla 5 del año 2019, se seleccionaron los tres equipos con más bajo nivel de confiabilidad, los mismos que servirán de muestra para el análisis de criticidad.

PROBABILIDAD DE FALLA			
EQUIPO A ANALIZAR	Horas de Operación	Número de Fallas	MTBF
PALETIZADORA	5350	1380	3.88
TRANSPORTADOR DE BOTELLAS	5616	1512	3.71
LLENADORA (ENVASADORA)	5720	1560	3.67

MEDIA MTBF=	3.77	
Alta confiabilidad >	3.77	Baja probabilidad de falla
Baja confiabilidad <	3.77	Alta probabilidad de falla

FACILIDAD DE REPARACION			
EQUIPO A ANALIZAR	Horas de reparación	Número de Fallas	MTTR
PALETIZADORA	452.65	1380	0.33
TRANSPORTADOR DE BOTELLAS	805.32	1512	0.53
LLENADORA (ENVASADORA)	837.67	1560	0.54

MEDIA MTTR=	0.43	
Baja facilidad de reparación >	0.43	Baja mantenibilidad
Alta facilidad de reparación <	0.43	Alta mantenibilidad

ÍTEM	CODIGO	NOMBRE DEL EQUIPO	PONDERACIÓN											ESCALA DE REFERENCIA	
			1	2	3A	3B	3C	3D	4	5	6	7	8		TOTAL
1		PALETIZADORA	4	3	1	1	1	1	0	2	0	2	0	15	IMPORTANTE
2		TRANSPORTADOR DE BOTELLAS	4	2	1	1	0	1	2	2	1	2	1	17	CRÍTICO
3		LLENADORA (ENVASADORA)	4	3	1	1	0	1	2	2	1	2	1	18	CRÍTICO

RESUMEN	Escala de referencia	CANTIDAD	
	CRITICO	2	100%
	IMPORTANTE	1	
	REGULAR	0	90%
OPCIONAL	0	80%	

TABLA 10- ANÁLISIS DE CRITICIDAD DEL AÑO 2019 (ELABORACIÓN PROPIA)

- ✓ Análisis de modo efecto falla de cada equipo con bajo nivel de confiabilidad del año 2019, para poder determinar el tipo mantenimiento adecuado para cada uno de ellos.

PALETIZADORA										
Modo de falla	CONSECUENCIA	HORAS DE OPERACIÓN	N° de fallas	HORAS DE DURACION FALLAS	MTBF	MTTR	F	D	G	NPR
MECANISMO DE RASTRILLO 1 Y 2, PROVOCA TRABAMIENTO DE MOTOR.	PÉRDIDA PRODUCTIVA	5350	372	153.00	14.38	0.41	5	5	2	50
TRABAMIENTO DE CADENAS DE MESA DE CARGA PROVOCA RECALENTAMIENTO DE MOTOR	PÉRDIDA PRODUCTIVA	5350	204	87.20	26.23	0.43	5	5	2	50
FALLAS POR PISTAS ROTAS O DESGASTADAS DE TRANSPORTE DE ARRASTRE DE CAJAS	ALTOCOSTO DE MANTENIMIENTO	5350	252	64.35	21.23	0.26	5	2	1	10
ROTURA DE CADENAS Y DAÑO DE MOTOREDUCTOR	DAÑO AL MEDIO AMBIENTE	5350	192	35.10	27.86	0.18	5	1	4	20
DAÑO PREMATURO DE SOPORTES Y ESPEJOS DE SENSORES	PERDIDA PRODUCTIVA	5350	60	17.00	89.17	0.28	1	4	3	12
TRABAMIENTO DE MECANISMO EN SISTEMA DE TRASLAIÓN DE CABEZAL	ALTOCOSTO DE MANTENIMIENTO	5350	120	31.00	44.58	0.26	3	2	1	6
FALLA DE SISTEMA NEUMATICO DE CABEZAL/ROTURA DE EJE DE PISTON NEUMATICO	SEGURIDAD	5350	180	65.00	29.72	0.36	3	4	5	60

FRECUENCIA		
	MIN	MAX
1	74.21	89.17
2	59.25	74.21
3	44.30	59.25
4	29.34	44.30
5	14.38	29.34

GRAVEDAD	
1	AR
2	PP
3	PP
4	MA
5	SE

DETECCIÓN		
	MIN	MAX
1	0.18	0.23
2	0.23	0.28
3	0.28	0.33
4	0.33	0.38
5	0.38	0.43

RANGO	74.78	0.24
INTERVALO	5	5
MARCA DE CLASE	14.96	0.05

TABLA 11- ANÁLISIS DE MODO DEFECTO FALLA DE LA PALETIZADORA DEL AÑO 2019 (ELABORACIÓN PROPIA)

TRANSPORTADOR DE BOTELLAS										
Modo de falla	CONSECUENCIA	HORAS DE OPERACIÓN	N° de fallas	HORAS DE DURACION FALLAS	MTBF	MTTR	F	D	G	NPR
DESGASTE CADENAS POR MALA CALIDAD DE LUBRICANTES.	PÉRDIDA PRODUCTIVA	5616	396	153.20	14.18	0.39	5	1	3	15
TRABAMIENTO DE CADENAS POR AGENTES EXTERNOS, VIDRIOS, BASURA, ETC.	PÉRDIDA PRODUCTIVA	5616	264	135.42	21.27	0.51	5	1	3	15
FALLAS POR PISTAS ROTAS O DESGASTADAS	ALTOCOSTO DE MANTENIMIENTO	5616	192	95.00	29.25	0.49	5	1	1	5
DESGASTE DE PINES Y ROTURA DE CADENAS, PROVOCA DAÑO DE MOTOREDUCTOR	DAÑO AL MEDIO AMBIENTE	5616	204	62.00	27.53	0.30	5	1	4	20
DAÑO DE SENSORES Y CABLE DE ALIMENTACION ELECTRICA A CAUSA DE HUMEDAD Y AGENTES QUIMICOS DE LIMPIEZA	PERDIDA PRODUCTIVA	5616	36	83.23	156.00	2.31	1	5	3	15
DESGASTE, FATIAGA Y ROTURA DE PERNOS DE SUJECION EN GUIAS Y BARANDAS	ALTOCOSTO DE MANTENIMIENTO	5616	192	164.25	29.25	0.86	5	2	1	10
LUBRICACIÓN INADECUADA EN SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DE CADENAS DE ARRASTRE	SEGURIDAD	5616	228	115.22	24.63	0.51	5	1	5	25

FRECUENCIA		
	MIN	MAX
1	127.64	156.00
2	99.27	127.64
3	70.91	99.27
4	42.55	70.91
5	14.18	42.55

GRAVEDAD	
1	AR
2	PP
3	PP
4	MA
5	SE

DETECCIÓN		
	MIN	MAX
1	0.30	0.71
2	0.71	1.11
3	1.11	1.51
4	1.51	1.91
5	1.91	2.31

RANGO	141.82	2.01
INTERVALO	5	5
MARCA DE CLASE	28.36	0.40

TABLA 12- ANÁLISIS DE MODO DEEFECTO FALLA DEL TRANSPORTE DE BOTELLAS DEL AÑO 2019 (ELABORACIÓN PROPIA)

LLENADORA (ENVASADORA)										
Modo de falla	CONSECUENCIA	HORAS DE OPERACIÓN	N° de fallas	HORAS DE DURACION FALLAS	MTBF	MTTR	F	D	G	NPR
MAL MONTAJE DE TUBOS DE VENDEO, PROVOCA DAÑOS PREMATUROS EN SELLOS Y JUNTAS DE GOMA.	PÉRDIDA PRODUCTIVA	5720	516	153.2	11.09	0.30	5	1	3	15
DESGASTE EN GUIAS DE INGRESO Y SALIDA DE BOTELLAS, PROVOCA ROTURAS DE ENVASES Y MAL LLENADO DE BOTELLAS	PÉRDIDA PRODUCTIVA	5720	264	160.2	21.67	0.61	4	3	3	36
DESGASTE DE ROLAS DE POSICIÓN DE VÁLVULAS DE LLENADO, PROVOCA MAL CENTRADO DE BOTELLAS	ALTO COSTO DE MANTENIMIENTO	5720	144	123.2	39.72	0.86	2	5	1	10
DESGASTE DE SELLOS DE LEVANTADORES POR FALTA DE MANTENIMIENTO, PROVOCA FUGAS DE ACEITE	DAÑO AL MEDIO AMBIENTE	5720	204	105.2	28.04	0.52	3	2	4	24
MALA REGULACIÓN DE SENSORES DE POSICION DE VALVULA PROVOCA LA ROTURA DE LOS MISMOS	PERDIDA PRODUCTIVA	5720	144	85.2	39.72	0.59	2	3	3	18
MALA REGULACIÓN DE CONTROL DE NIVEL DE TASA, PROVOCA FUGAS DE BEBIDA.	PERDIDA PRODUCTIVA	5720	168	115.3	34.05	0.69	2	4	3	24
FATIGA DE MECANISMO INTERNO DE VALVULA DE INGRESO DE BEBIDA, PROVOCA FUGAS Y PERDIDAS DE BEBIDA	PERDIDA PRODUCTIVA	5720	120	95.37	47.67	0.79	1	5	3	15

FRECUENCIA		
	MIN	MAX
1	40.35	47.67
2	33.03	40.35
3	25.72	33.03
4	18.40	25.72
5	11.09	18.40

GRAVEDAD	
1	AR
2	PP
3	PP
4	MA
5	SE

DETECCIÓN		
	MIN	MAX
1	0.30	0.41
2	0.41	0.52
3	0.52	0.63
4	0.63	0.74
5	0.74	0.86

RANGO	36.58	0.56
INTERVALO	5	5
MARCA DE CLASE	7.32	0.11

TABLA 13- ANÁLISIS DE MODO DE EFECTO FALLA DE LA LLENADORA DEL AÑO 2019 (ELABORACIÓN PROPIA)

- ✓ Análisis año 2020: En la tabla 6, se muestra el análisis de fallos y sus respectivos cálculos de acuerdo a las horas de operación.

ÍTEM	EQUIPO	Horas de Operación	Número de Fallas	MTBF	Ai	TIEMPO TOTAL DE REPARACIONES	MTTR	R(t)	M(t)
1	SEPARADOR LINEAL	5670	120	47.25	99.84%	9.18	0.08	97.91%	100.00%
2	DESPALETIZADORA	5370	324	16.57	99.67%	17.82	0.05	94.14%	100.00%
3	DESCAPSULADORA	5600	480	11.67	99.71%	16.10	0.03	91.79%	100.00%
4	TRANSPORTADOR DE PALETAS	4700	588	7.99	99.56%	20.75	0.04	88.24%	100.00%
5	INSPECTOR ELECTRÓNICO DE NIVEL	5670	336	16.88	98.25%	101.21	0.30	94.25%	96.38%
6	LAVADORA DE CAJAS	5600	240	23.33	99.54%	25.67	0.11	95.80%	99.99%
7	DESENCAJONADORA	5650	900	6.28	99.39%	34.57	0.04	85.27%	100.00%
8	INSPECTOR ELECTRÓNICO DE OLORES	5600	720	7.78	98.62%	78.55	0.11	87.94%	99.99%
9	INSPECTOR ELECTRÓNICO DE BOTELLAS	5675	840	6.76	98.44%	89.90	0.11	86.24%	99.99%
10	TRANSPORTADOR DE CAJAS	5550	1236	4.49	98.14%	105.21	0.09	80.04%	100.00%
11	ENCAJONADORA	5630	960	5.86	97.79%	127.03	0.13	84.32%	99.95%
12	LAVADORA DE BOTELLAS	5650	900	6.28	94.07%	356.32	0.40	85.27%	92.00%
13	PALETIZADORA	5300	1356	3.91	91.43%	496.56	0.37	77.43%	93.48%
14	ETIQUETADORA	2450	48	51.04	99.88%	3.00	0.06	98.06%	100.00%
15	TRANSPORTADOR DE BOTELLAS	5566	1620	3.44	85.29%	959.72	0.59	74.75%	81.51%
16	LLENADORA (ENVASADORA)	5670	1308	4.33	87.00%	847.37	0.65	79.40%	78.64%

TABLA 14- ANÁLISIS DE FALLO AÑO 2020 (ELABORACIÓN PROPIA)

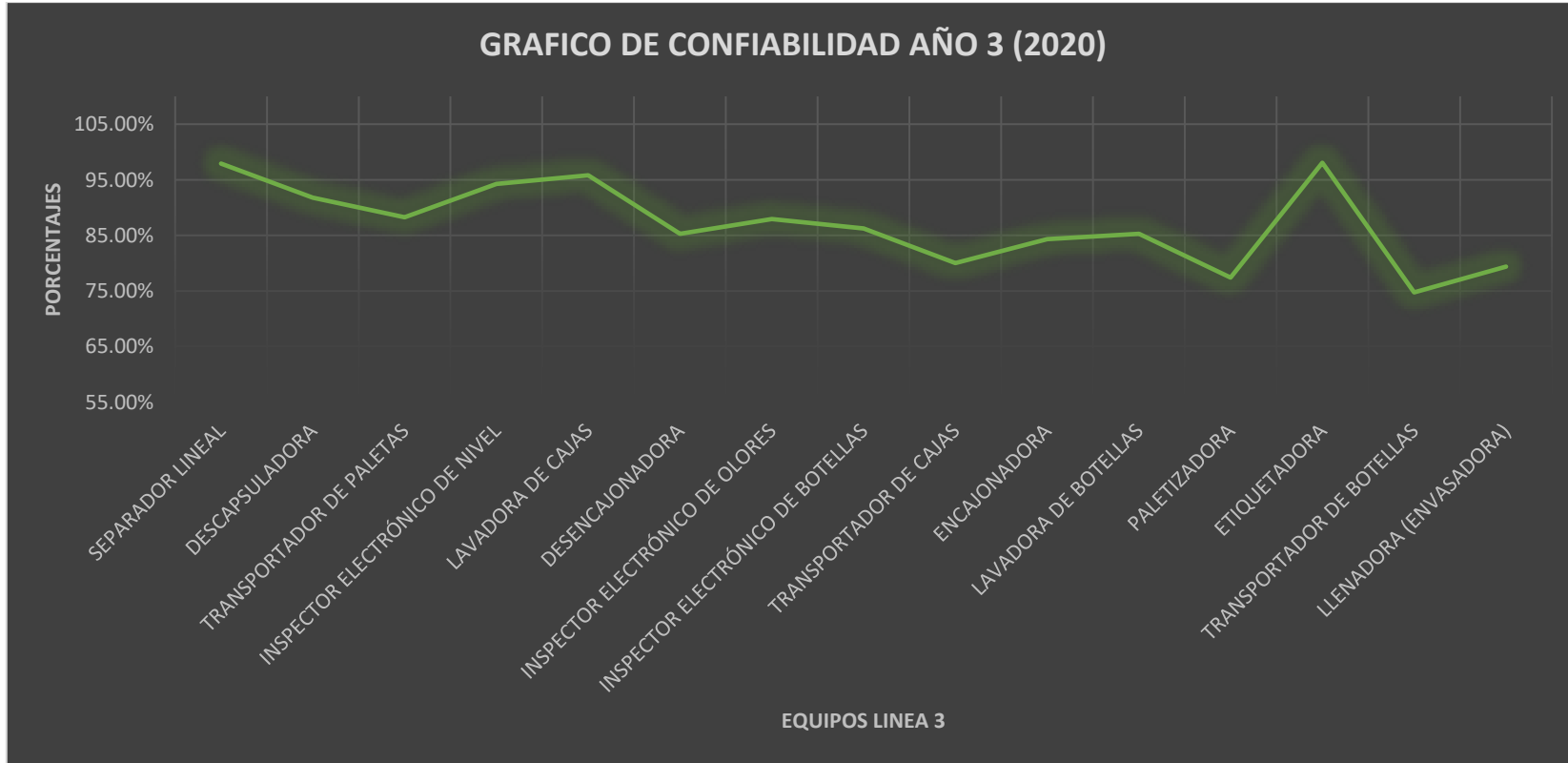


FIGURA 31- CURVA DE CONFIABILIDAD AÑO 2020

El cálculo de la confiabilidad de la configuración en serie (Rs), como se muestra en la ecuación 8, antes de realizar la prueba del plan de mantenimiento propuesto, da como resultado una confiabilidad en serie de 11.30%.



- ✓ Según el análisis de fallos de la tabla 6 del año 2020, se seleccionaron los tres equipos con más bajo nivel de confiabilidad, los mismos que servirán de muestra para el análisis de criticidad.

PROBABILIDAD DE FALLA			
EQUIPO A ANALIZAR	Horas de Operación	Número de Fallas	MTBF
PALETIZADORA	5300	1356	3.91
TRANSPORTADOR DE BOTELLAS	5566	1620	3.44
LLENADORA (ENVASADORA)	5670	1308	4.33

MEDIA MTBF=	46.62	
Alta confiabilidad >	46.62	Baja probabilidad de falla
Baja confiabilidad <	46.62	Alta probabilidad de falla

FACILIDAD DE REPARACION			
EQUIPO A ANALIZAR	Horas de reparación	Número de Fallas	MTTR
PALETIZADORA	306.56	1356	0.37
TRANSPORTADOR DE BOTELLAS	959.72	1620	0.59
LLENADORA (ENVASADORA)	847.37	1308	0.65

MEDIA MTTR=	0.51	
Baja facilidad de reparación >	0.51	Baja mantenibilidad
Alta facilidad de reparación <	0.51	Alta mantenibilidad

ÍTEM	CÓDIGO	NOMBRE DEL EQUIPO	PONDERACIÓN											ESCALA DE REFERENCIA	
			1	2	3A	3B	3C	3D	4	5	6	7	8		TOTAL
1		PALETIZADORA	4	3	1	1	1	1	0	2	0	2	0	15	IMPORTANTE
2		TRANSPORTADOR DE BOTELLAS	4	2	1	1	0	1	2	2	1	2	1	17	CRÍTICO
3		LLENADORA (ENVASADORA)	4	3	1	1	0	1	0	2	1	2	1	16	CRÍTICO

RESUMEN	Escala de referencia	CANTIDAD	
	CRITICO	2	100%
	IMPORTANTE	1	
	REGULAR	0	90%
	OPCIONAL	0	80%

TABLA 15- ANALISIS DE CRITICIDAD DEL AÑO 2020 (ELABORACION PROPIA)

- ✓ Análisis de modo efecto falla de cada equipo con bajo nivel de confiabilidad del año 2020, para poder determinar el tipo de mantenimiento adecuado para cada uno de ellos.

PALETIZADORA										
Modo de falla	CONSECUENCIA	HORAS DE OPERACIÓN	N° de fallas	HORAS DE DURACION FALLAS	MTBF	MTTR	F	D	G	NPR
MECANISMO DE RASTRILLO 1 Y 2, PROVOCA TRABAMIENTO DE MOTOR.	PÉRDIDA PRODUCTIVA	5300	444	136.43	11.94	0.31	5	2	3	30
TRABAMIENTO DE CADENAS DE MESA DE CARGA PROVOCA RECALENTAMIENTO DE MOTOR	PÉRDIDA PRODUCTIVA	5300	264	113.53	20.08	0.43	5	3	3	45
FALLAS POR PISTAS ROTAS O DESGASTADAS DE TRANSPORTE DE ARRASTRE DE CAJAS	ALTOCOSTO DE MANTENIMIENTO	5300	132	87.2	40.15	0.66	4	5	1	20
ROTURA DE CADENAS Y DAÑO DE MOTOREDUCTOR	DAÑO AL MEDIO AMBIENTE	5300	204	58.5	25.98	0.29	5	1	4	20
ROTURA DE SENSORES DE POSICION DE CAJAS	PERDIDA PRODUCTIVA	5300	144	57.1	36.81	0.40	4	3	2	24
TRABAMIENTO DE MECANISMO EN SISTEMA DE TRASLAIÓN DE CABEZAL	ALTO COSTO DE MANTENIMIENTO	5300	108	22.7	49.07	0.21	3	1	1	3
ROTURA DE MEANISMO DE SUJECIÓN DE CAJAS EN CABEZAL	SEGURIDAD	5300	60	21.1	88.33	0.35	1	2	5	10

FRECUENCIA		
	MIN	MAX
1	73.05	88.33
2	57.77	73.05
3	42.50	57.77
4	27.22	42.50
5	11.94	27.22

GRAVEDAD	
1	AR
2	PP
3	PP
4	MA
5	SE

DETECCIÓN		
	MIN	MAX
1	0.21	0.30
2	0.30	0.39
3	0.39	0.48
4	0.48	0.57
5	0.57	0.66

RANGO	76.40	0.45
INTERVALO	5	5
MARCA DE CLASE	15.28	0.09

TABLA 16- ANÁLISIS DE MODO DE EFECTO FALLA DE LA PALETIZADORA DEL AÑO 2020 (ELABORACIÓN PROPIA)

TRANSPORTADOR DE BOTELLAS										
Modo de falla	CONSECUENCIA	HORAS DE OPERACIÓN	N° de fallas	HORAS DE DURACION FALLAS	MTBF	MTTR	F	D	G	NPR
CADENAS Y PINES DESGASTADAS	PÉRDIDA PRODUCTIVA	5566	444	155.42	12.54	0.35	5	1	3	15
TRABAMIENTO DE CADENAS POR AGENTES EXTERNOS, VIDRIOS, BASURA, ETC.	PÉRDIDA PRODUCTIVA	5566	312	142.3	17.84	0.46	5	1	3	15
FALLAS POR PISTAS ROTAS O DESGASTADAS	ALTOCOSTO DE MANTENIMIENTO	5566	192	112	28.99	0.58	5	1	1	5
ROTURA DE CADENAS POR DESGASTE	PÉRDIDA PRODUCTIVA	5566	204	75	27.28	0.37	5	1	3	15
ROTURA DE CADENA Y CORTE DE CABLE DE LIMENTACIÓN DE MOTOR	SEGURIDAD	5566	36	78	154.61	2.17	1	5	5	25
DESGASTSE EN GUIAS DE TRANSPORTE Y ROTURA DE PERNOS	ALTO COSTO DE MANTENIMIENTO	5566	204	187	27.28	0.92	5	2	1	10
FALTA DE LUBRICACIÓN EN CADENAS DE ARRASTRE	PÉRDIDA PRODUCTIVA	5566	228	210	24.41	0.92	5	2	3	30

FRECUENCIA		
	MIN	MAX
1	126.20	154.61
2	97.78	126.20
3	69.37	97.78
4	40.95	69.37
5	12.54	40.95

GRAVEDAD	
1	AR
2	PP
3	PP
4	MA
5	SE

DETECCIÓN		
	MIN	MAX
1	0.35	0.71
2	0.71	1.08
3	1.08	1.44
4	1.44	1.80
5	1.80	2.17

RANGO	142.08	1.82
INTERVALO	5	5
MARCA DE CLASE	28.42	0.36

TABLA 17- ANÁLISIS DE MODO DE EFECTO FALLA DEL TRANSPORTE DE BOTELLAS DEL AÑO 2020 (ELABORACIÓN PROPIA)

LLENADORA (ENVASADORA)										
Modo de falla	CONSECUENCIA	HORAS DE OPERACIÓN	N° de fallas	HORAS DE DURACION FALLAS	MTBF	MTTR	F	D	G	NPR
MAL MONTAJE DE TUBOS DE VENITEOPROVOCA MAL LLENADO Y DAÑO DE BOTELLAS	PÉRDIDA PRODUCTIVA	5670	384	153.2	14.77	0.40	5	1	2	10
GUIAS DE INGRESO Y SALIDA DE BOTELLAS TORIDAS PROOA ROTURA DE BOTELLAS	PÉRDIDA PRODUCTIVA	5670	264	165	21.48	0.63	5	1	3	15
DESGASTE DE ROLAS DE POSICIÓN DE VÁLVULAS DE LLENADO PROVOCA MAL CENTRADO DE BOTELLAS	ALTOCOSTO DE MANTENIMIENTO	5670	144	123.2	39.38	0.86	4	2	2	16
DESGASTE DE SELLOS DE LEVANTADORES, PROVOCA FUGAS DE ACEITE	DAÑO AL MEDIO AMBIENTE	5670	204	110.3	27.79	0.54	5	1	2	10
MALA REGULACIÓN DE SESNORES DE POSICION DE VALVULA PROVOCA LA ROTURA DE LOS MISMOS	PERDIDA PRODUCTIVA	5670	144	85	39.38	0.59	4	1	3	12
AJUSTE INCORRECTO DE ALTURA DE TAZA DE LLENADO PROVOCA ROTURA DE BOTELLAS Y DAÑOS EN ROLAS DE TULIPAS	SEGURIDAD	5670	108	115.3	52.50	1.07	3	3	5	45
DESGASTE DE SELLOS DE VLAVULAS DE INGRESO DE BEBIDA A LLENADORA PROVOCA TRABAMIENTOS Y FUGA DE BEBIDA EN VALVULAS	SEGURIDAD	5670	60	95.37	94.50	1.59	1	5	5	25

FRECUENCIA		
	MIN	MAX
1	78.55	94.50
2	62.61	78.55
3	46.66	62.61
4	30.71	46.66
5	14.77	30.71

GRAVEDAD	
1	AR
2	PP
3	PP
4	MA
5	SE

DETECCIÓN		
	MIN	MAX
1	0.40	0.64
2	0.64	0.88
3	0.88	1.11
4	1.11	1.35
5	1.35	1.59

RANGO	79.73	1.19
INTERVALO	5	5
MARCA DE CLASE	15.95	0.24

TABLA 18- ANÁLISIS DE MODO EFECTO FALLA DE LA LLENADORA DEL AÑO 2020 (ELABORACIÓN PROPIA)

4.3. Propuesta del tipo de mantenimiento de acuerdo al análisis de confiabilidad.

En base al cálculo realizado en el objetivo dos, donde se realizó el respectivo análisis de criticidad y el análisis de modo efecto falla de los tres equipos con más bajo índice de confiabilidad, se propondrá el tipo de mantenimiento respectivo para cada modo fallo en el último año analizado, como se muestra en las siguientes tablas.

Nombre del activo	Falla Funcional	Modo de falla	Efecto de la falla	Consecuencia de la falla	NPR
PALETIZADORA	MAQUINA DETENIDA DEJA DE PALETIZAR PRODUCTO QUE SERÁ ENVIADO A CLIENTE FINAL	TRABAMIENTO DE CADENAS DE MESA DE CARGA	PROVOCA RECALENTAMIENTO DE MOTOR	PÉRDIDA PRODUCTIVA	45
		MECANISMO DE RASTRILLO 1 Y 2	PROVOCA TRABAMIENTO DE MOTOR	PÉRDIDA PRODUCTIVA	30
		ROTURA DE SENSORES DE POSICION DE CAJAS	TRANSPORTE SE DETIENEN Y NO ABASTECE CAJAS A LA PALETIZADORA	PERDIDA PRODUCTIVA	24
	NO SE PUEDE RECOGER LAS CAJAS PARA EL PALETIZADO.	ROTURA DE CADENAS POR DESGASTE	DAÑO DE MOTOREDUCTOR	DAÑO AL MEDIO AMBIENTE	20
		FALLAS POR PISTAS ROTAS O DESGASTADAS DE TRANSPORTE DE ARRASTRE DE CAJAS	SOBRE CARGA DE MOTOR Y DAÑO A ESTRUCTURAS	ALTOCOSTO DE MANTENIMIENTO	20
		TRABAMIENTO DE MECANISMO EN SISTEMA DE TRASLACIÓN DE CABEZAL	SOBRECARGA Y DAÑO DE MOTOREDUCTOR, DAÑO DE LOS RODAMINETOS	ALTO COSTO DE MANTENIMIENTO	3
		ROTURA DE MECANISMO DE SUJECIÓN DE CAJAS EN CABEZAL	FATIGA Y DAÑO EN SISTEMA NEUMATICO	SEGURIDAD	10

TABLA 19 - FALLA, MODO Y EFECTO DE FALLA DE LA PALETIZADORA (ELABORACIÓN PROPIA)

Nombre del activo	Falla Funcional	Modo de falla	Efecto de la falla	Consecuencia de la falla	NPR
<b>TRANSPORTADOR DE BOTELLAS</b>	PROVOCA PARADA PARCIAL DE TRANSPORTE POR ZONAS, SE DETIENE EL ENVIO DE BOTELLAS	CADENAS Y PINES DESGASTADOS	PROVOCAN TRABAMIENTO DE MOTORES.	PÉRDIDA PRODUCTIVA	15
		TRABAMIENTO DE CADENAS POR AGENTES EXTERNOS, VIDRIOS, BASURA, ETC.	PROVOCAN TRABAMIENTO Y DAÑOS PREATUROS A LOS MOTORES	PÉRDIDA PRODUCTIVA	15
		DESGASTSE EN GUIAS DE TRANSPORTE Y ROTURA DE PERNOS	TRABAMIENTO DE CADENAS, SOBRECARGA DE MOTORES	ALTOCOSTO DE MANTENIMIENTO	10
		FALTA DE LUBRICACIÓN EN CADENAS DE ARRASTRE	SOBRECARGA DE MOTORES, DESGASTE PREMATURO DE MOTORES Y PISTAS DE ARRASTRE	SEGURIDAD	30
	PARADA TOTAL DEL TRANSPORTE DE BOTELLAS	FALLAS POR PISTAS ROTAS O DESGASTADAS	SOBRECARGA Y DAÑO DE MOTORES Y SISTEMAS DE TRANSMISIÓN	ALTOCOSTO DE MANTENIMIENTO	5
		ROTURA DE CADENAS POR DESGASTE	SOBRECARGA Y DAÑO DE MOTOR AS ESTRUCTURAS	PÉRDIDA PRODUCTIVA	20
		ROTURA DE CADENA Y CORTE DE CABLE DE ALIMENTACIÓN DE MOTOR	CORTOCIRUITO, DAÑO DE ABLES Y ONETORES ELÉCTRICOS	SEGURIDAD	25

TABLA 20- FALLA, MODO Y EFECTO DE FALLA DEL TRANSPORTE DE BOTELLAS (ELABORACIÓN PROPIA)

Nombre del activo	Falla Funcional	Modo de falla	Efecto de la falla	Consecuencia de la falla	NPR
<b>LLENADORA (ENVASADORA)</b>	MAL LLENADO DE BOTELLAS, PERDIDA DE BEBIDA Y PRADADAS INTERMITENTES	MAL MONTAJE DE TUBOS DE VENTEO	PROVOCA MAL LLENADO Y DAÑO DE BOTELLAS	PÉRDIDA PRODUCTIVA	10
		GUIAS DE INGRESO Y SALIDA DE BOTELLAS TORCIDAS	PROVOCA ROTURA DE BOTELLAS.	PÉRDIDA PRODUCTIVA	15
		DESGASTE DE ROLAS DE POSICIÓN DE VÁLVULAS DE LLENADO	PROVOCA MAL CENTRADO DE BOTELLAS Y MAL LLENADO	ALTO COSTO DE MANTENIMIENTO	16
		DESGASTE DE SELLOS DE LEVANTADORES,	PROVOCA FUGAS DE ACEITE Y MAL AJUSTE DE BOTELLA EN TULIPA	DAÑO AL MEDIO AMBIENTE	10
	PARADA TOTAL DE MAQUINA, DAÑOS EN GUIAS POR VIDRIOS ROTOS	AJUSTE INCORRECTO DE ALTURA DE TAZA DE LLENADO	PROVOCA ROTURA DE BOTELLAS Y DAÑOS EN ROLAS DE TULIPAS	ALTO COSTO DE MANTENIMIENTO	45
		DESGASTE DE SELLOS DE VÁLVULAS DE INGRESO DE BEBIDA A LLENADORA	PROVOCA TRABAMIENTOS Y ROTURA DE BOTELLAS Y FUGA DE BEBIDA EN VALVULAS	SEGURIDAD	25
		MALA REGULACIÓN DE SENSORES DE POSICIÓN DE VÁLVULA	PROVOCA DAÑO Y ROTURA DE SENSORES	PÉRDIDA PRODUCTIVA	12

TABLA 21- FALLA, MODO Y EFECTO DE FALLA DE LA LLENADORA (ELABORACIÓN PROPIA)

Como se muestra en las tablas 7,8 y 9, se procederá a realizar la prueba del plan de mantenimiento propuesto, seleccionando el tipo mantenimiento adecuado y sus respectivas actividades para los fallos, tomando como prioridad el que tenga mayor índice de NPR de cada uno de los equipos seleccionados del último año de incidencias (año 2020), y así poder aumentar la Confiabilidad de estos 3 equipos con mayor índice de fallos. Siendo los criterios utilizados los que especifica la norma UNE-EN 13306:2018.

Nombre del activo	Modo de falla	Efecto de la falla	NPR	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDADES DEL MANTENIMIENTO (VEASE TABLA 25)
<b>PALETIZADORA</b>	TRABAMIENTO DE CADENAS DE TRANSMISIÓN DE MESA DE CARGA DE POLINES	PROVOCA RECALENTAMIENTO DE MOTOR	45	CORRECTIVO DIFERIDO (7.10) PREVENTIVO (7.1)	8.7; 8.8; 8.9; 8.10 8.1; 8.2; 8.3; 8.4; 8.5
	MECANISMO DE RASTRILLO 1 Y 2	PROVOCA TRABAMIENTO Y SOBRECARGA DEL MOTOR	30	MODIFICACIÓN (7.7); Nota 3	8.1; 8.2; 8.12; 8.13
				MEJORADO (7.6) PREVENTIVO (7.1)	8.3; 8.4 8.1; 8.2; 8.3; 8.4; 8.5
	ROTURA DE SENSORES DE POSICION DE CAJAS	TRANSPORTE SE DETIENEN Y NO ABASTECE CAJAS A LA PALETIZADORA	24	PREVENTIVO (7.1)	8.1; 8.2; 8.3; 8.4; 8.5
	ROTURA DE CADENAS POR DESGASTE	DAÑO DE MOTOREDUCTOR	20	PREVENTIVO (7.1)	8.1; 8.2; 8.3; 8.4; 8.5
	FALLAS POR PISTAS ROTAS O DESGASTADAS DE TRANSPORTE DE ARRASTRE DE CAJAS	SOBRE CARGA DE MOTOR Y DAÑO A ESTRUCTURAS	20	CORRECTIVO DIFERIDO (7.10)	8.7; 8.8; 8.9; 8.10
				PREVENTIVO (7.1)	8.1; 8.2; 8.3; 8.4; 8.5
	TRABAMIENTO DE MECANISMO EN SISTEMA DE TRASLACIÓN DE CABEZAL	SOBRECARGA Y DAÑO DE MOTOREDUCTOR, DAÑO DE LOS RODAMINETOS	3	PREVENTIVO (7.1)	8.1; 8.2; 8.3; 8.4; 8.5
ROTURA DE MECANISMO DE SUJECIÓN DE CAJAS EN CABEZAL	FATIGA Y DAÑO EN SISTEMA NEUMATICO	10	MEJORADO (7.6)	8.3; 8.4	
			PREVENTIVO (7.1)	8.1; 8.2; 8.3; 8.4; 8.5	

TABLA 22 –LA PALETIZADORA, TIPOS DE MANTENIMIENTO PROPUESTO Y EJECUTADOS PARA LA PRUEBA Y ANÁLISIS (ELABORACIÓN PROPIA)



Nombre del activo	Modo de falla	Efecto de la falla	NPR	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDADES DEL MANTENIMIENTO (VEASE TABLA 25)
<b>TRANSPORTADOR DE BOTELLAS</b>	CADENAS Y PINES DESGASTADOS	PROVOCAN TRABAMIENTO DE MOTORES.	15	PREVENTIVO (7.1)	8.1; 8.2; 8.3; 8.4; 8.5
	TRABAMIENTO DE CADENAS POR AGENTES EXTERNOS, VIDRIOS, BASURA, ETC.	PROVOCAN TRABAMIENTO Y DAÑOS PREA TUROS A LOS MOTORES	15	BASADO EN LA CONDICIÓN (7.3) AUTONOMO (7.17)	8.1; 8.2; 8.14; 8.15 8.1; 8.2; 8.5; 8.14; 8.15
	DESGASTSE EN GUIAS DE TRANSPORTE Y ROTURA DE PERNOS	TRABAMIENTO DE CADENAS, SOBRECARGA DE MOTORES	10	PREVENTIVO (7.1)	8.1; 8.2; 8.3; 8.4; 8.5
	FALTA DE LUBRICACIÓN EN CADENAS DE ARRASTRE	SOBRECARGA DE MOTORES, DESGASTE PREMAMTURO DE MOTORES Y PISTAS DE ARRASTRE	30	PREVENTIVO (7.1)	8.1; 8.2; 8.3; 8.4; 8.5
	FALLAS POR PISTAS ROTAS O DESGASTADAS	SOBREARGA Y DAÑO DE MOTORES Y SISTEMAS DE TRANSMISIÓN	5	BASADO EN LA CONDICIÓN (7.3) PREVENTIVO (7.1)	8.1; 8.2; 8.14; 8.15 8.1; 8.2; 8.3; 8.4; 8.5
	ROTURA DE CADENAS POR DESGASTE	SOBRECARGA Y DAÑO DE MOTOR AS ESTRUCTURAS	20	PREVENTIVO (7.1)	8.1; 8.2; 8.3; 8.4; 8.5
	ROTURA DE CADENA Y CORTE DE CABLE DE LIMENTACIÓN DE MOTOR	CORTOCIRUITO, DAÑO DE ABLES Y ONETORES ELÉCTRICOS	25	BASADO EN LA CONDICIÓN (7.3) PREVENTIVO (7.1)	8.1; 8.2; 8.14; 8.15 8.1; 8.2; 8.3; 8.4; 8.5

TABLA 23 –TRANPORTE DE BOTELLAS, TIPOS DE MANTENIMIENTO PROPUESTO Y EJECUTADOS PARA LA PRUEBA Y ANÁLISIS  
(ELABORACIÓN PROPIA)

Nombre del activo	Modo de falla	Efecto de la falla	NPR	TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDADES DEL MANTENIMIENTO (VEASE TABLA 25)
<b>LLENADORA (ENVASADORA)</b>	MAL MONTAJE DE TUBOS DE VENTEO	PROVOCA MAL LLENADO Y DAÑO DE BOTELLAS	10	BASADO EN LA CONDICIÓN (7.3) AUTONOMO (7.17) PREVENTIVO (7.1)	8.1; 8.2; 8.14; 8.15 8.1; 8.2; 8.5; 8.14; 8.15 8.1; 8.2; 8.3; 8.4; 8.5
	GUIAS DE INGRESO Y SALIDA DE BOTELLAS TORCIDAS	PROVOCA ROTURA DE BOTELLAS.	15	BASADO EN LA CONDICIÓN (7.3) AUTONOMO (7.17)	8.1; 8.2; 8.14; 8.15 8.1; 8.2; 8.5; 8.14; 8.15
	DESGASTE DE ROLAS DE POSICIÓN DE VÁLVULAS DE LLENADO	PROVOCA MAL CENTRADO DE BOTELLAS Y MAL LLENADO	16	PREVENTIVO (7.1) AUTONOMO (7.17)	8.1; 8.2; 8.3; 8.4; 8.5 8.1; 8.2; 8.5; 8.14; 8.15
	DESGASTE DE SELLOS DE LEVANTADORES,	PROVOCA FUGAS DE ACEITE Y MAL AJUSTE DE BOTELLA EN TULIPA	10	PREVENTIVO (7.1)	8.1; 8.2; 8.3; 8.4; 8.5
	AJUSTE INCORRECTO DE ALTURA DE TAZA DE LLENADO	PROVOCA ROTURA DE BOTELLAS Y DAÑOS EN ROLAS DE TULIPAS	45	AUTONOMO (7.17)	8.1; 8.2; 8.5; 8.14; 8.15
	DESGASTE DE SELLOS DE VÁLVULAS DE INGRESO DE BEBIDA A LLENADORA	PROVOCA TRABAMIENTOS Y ROTURA DE BOTELLAS Y FUGA DE BEBIDA EN VALVULAS	25	AUTONOMO (7.17) PREVENTIVO (7.1)	8.1; 8.2; 8.5; 8.14; 8.15 8.1; 8.2; 8.3; 8.4; 8.5
	MALA REGULACIÓN DE SENSORES DE POSICIÓN DE VÁLVULA	PROVOCA DAÑO Y ROTURA DE SENSORES	12	AUTONOMO (7.17) BASADO EN LA CONDICIÓN (7.3)	8.1; 8.2; 8.5; 8.14; 8.15 8.1; 8.2; 8.14; 8.15

TABLA 24 –LLENADORA, TIPOS DE MANTENIMIENTO PROPUESTO Y EJECUTADOS PARA LA PRUEBA Y ANÁLISIS (ELABORACIÓN PROPIA)

4.3.1. Cronograma de ejecución de la prueba de implementación.

PALETIZADORA							
ART	ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA					
		DIARIO	SEMANTAL	MENSUAL	TRIMESTRAL	SEMESTRAL	ANUAL
8.1	INSPECCIÓN	<i>Operario</i>		<i>Técnico</i>			
8.2	MONITORIZACIÓN DE LA CONDICIÓN		<i>Operario/ Técnico</i>				
8.3	ENSAYO DE CONFORMIDAD				<i>Técnico</i>		
8.4	VERIFICACIÓN DE LA FUNCIÓN				<i>Operario/ Técnico</i>		
8.5	MANTENIMIENTO DE RUTINA		<i>Operario</i>		<i>Técnico</i>		
8.6	REVISIÓN GENERAL (OVERHAUL)						
8.7	DIAGNOSTICO DE AVERIA						
8.8	LOCALIZACIÓN DE AVERIA						
8.9	RECUPERACIÓN						
8.10	REPARACIÓN						
8.11	REPARACIÓN TEMPORAL						
8.12	RECONSTRUCCIÓN						
8.13	MANTENIMIENTO EXCEPCIONAL						
8.14	REPARACIÓN DE LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO						
8.15	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO						

REALIZADO POR:

TABLA 25-CRONOGRAMA DE PRUEBA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PALETIZADORA (ELABORACION PROPIA)

<b>TIPOS DE MANTENIMIENTO APLICADOS POR UNICA VEZ (PALETIZADORA)</b>			
	<b>CORRECTIVO DIFERIDO (7.10)</b>	<b>MODIFICACIÓN (7.7)</b>	<b>MEJORADO (7.6)</b>
<b>ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO</b>	DIAGNOSTICO DE AVERIA (8.7)	INSPECCIÓN (8.1)	ENSAYO DE CONFORMIDAD (8.3)
	LOCALIZACIÓN DE AVERIA (8.8)	MONITORIZACIÓN DE LA CONDICIÓN (8.2)	
	RECUPERACIÓN (8.9)	RECONSTRUCCIÓN (8.12)	VERIFICACIÓN DE LA FUNCIÓN (8.4)
	REPARACIÓN (8.10)	MANTENIMIENTO EXCEPCIONAL (8.13)	
<b>FECHA</b>	<b>Ene-21</b>	<b>Abr-21</b>	<b>Abr-21</b>

TABLA 26-ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO APLICADAS POR UNICA VEZ - PALETIZADORA (ELABORACIÓN PROPIA)

TRANSPORTE DE BOTELLAS							
ART	ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA					
		DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	TRIMESTRAL	SEMESTRAL	ANUAL
8.1	INSPECCIÓN	<i>Operario</i>		<i>Técnico</i>			
8.2	MONITORIZACIÓN DE LA CONDICIÓN	<i>Operario</i>					
8.3	ENSAYO DE CONFORMIDAD	<i>Operario</i>					
8.4	VERIFICACIÓN DE LA FUNCIÓN		<i>Técnico</i>				
8.5	MANTENIMIENTO DE RUTINA		<i>Operario/Técnico</i>				
8.6	REVISIÓN GENERAL (OVERHAUL)						
8.7	DIAGNOSTICO DE AVERIA						
8.8	LOCALIZACIÓN DE AVERIA						
8.9	RECUPERACIÓN						
8.10	REPARACIÓN						
8.11	REPARACIÓN TEMPORAL						
8.12	RECONSTRUCCIÓN						
8.13	MANTENIMIENTO EXCEPCIONAL						
8.14	REPARACIÓN DE LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO			<i>Planner/Técnico</i>			
8.15	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO						<i>Jefatura/Planner</i>

REALIZADO POR:

TABLA 27-CRONOGRAMA DE PRUEBA DE IMPLEMENTACIÓN DEL TRANSPORTE DE BOTELLAS (ELABORACION PROPIA)

LLENADORA							
ART	ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA					
		DIARIO	SEMANTAL	MENSUAL	TRIMESTRAL	SEMESTRAL	ANUAL
8.1	INSPECCIÓN	<i>Operario</i>					
8.2	MONITORIZACIÓN DE LA CONDICIÓN	<i>Operario</i>					
8.3	ENSAYO DE CONFORMIDAD	<i>Operario</i>					
8.4	VERIFICACIÓN DE LA FUNCIÓN					<i>Operario/Técnico</i>	
8.5	MANTENIMIENTO DE RUTINA	<i>Operario</i>	<i>Operario/Técnico</i>				
8.6	REVISIÓN GENERAL (OVERHAUL)						
8.7	DIAGNOSTICO DE AVERIA						
8.8	LOCALIZACIÓN DE AVERIA						
8.9	RECUPERACIÓN						
8.10	REPARACIÓN						
8.11	REPARACIÓN TEMPORAL						
8.12	RECONSTRUCCIÓN						
8.13	MANTENIMIENTO EXCEPCIONAL						
8.14	REPARACIÓN DE LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO			<i>Planner/Técnico</i>			
8.15	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO						<i>Jefatura/Planner</i>

REALIZADO POR:

TABLA 28-CRONOGRAMA DE PRUEBA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA LLENADORA (ELABORACION PROPIA)

<b>8. ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO</b>	
<b>8.1</b>	INSPECCIÓN
<b>8.2</b>	MONITORIZACIÓN DE LA CONDICIÓN
<b>8.3</b>	ENSAYO DE CONFORMIDAD
<b>8.4</b>	VERIFICACIÓN DE LA FUNCIÓN
<b>8.5</b>	MANTENIMIENTO DE RUTINA
<b>8.6</b>	REVISIÓN GENERAL (OVERHAUL)
<b>8.7</b>	DIAGNÓSTICO DE AVERIA
<b>8.8</b>	LOCALIZACIÓN DE AVERIA
<b>8.9</b>	RECUPERACIÓN
<b>8.10</b>	REPARACIÓN
<b>8.11</b>	REPARACIÓN TEMPORAL
<b>8.12</b>	RECONSTRUCCIÓN
<b>8.13</b>	MANTENIMIENTO EXCEPCIONAL
<b>8.14</b>	REPARACIÓN DE LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO
<b>8.15</b>	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

*TABLA 29- ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO BASADA EN EL CAPITULO 8 DE LA NORMA (UNE-EN13306 2018)*

#### 4.3.2. Análisis de los tres equipos críticos después de la prueba.

Al llevar a cabo los tipos de mantenimientos seleccionados y sus respectivas actividades, en la prueba del plan de mantenimiento centrado en confiabilidad, como se muestra en las tablas 22; 23 y 24, se pudo disminuir el número de fallas y el tiempo de reparación de los tres equipos críticos, por ende, aumentaron los porcentajes de la Disponibilidad, la Confiabilidad y la Mantenibilidad de los mismos, como se muestra en la tabla 30.



ÍTEM	EQUIPO	Horas de Operación	Número de Fallas	MTBF	Ai	TIEMPO TOTAL DE REPARACIONES	MTTR	R(t)	M(t)
1	SEPARADOR LINEAL	5670	120	47.25	99.84%	9.18	0.08	97.91%	100.00%
2	DESPALETIZADORA	5370	324	16.57	99.67%	17.82	0.05	94.14%	100.00%
3	DESCAPSULADORA	5600	480	11.67	99.71%	16.10	0.03	91.79%	100.00%
4	TRANSPORTADOR DE PALETAS	4700	588	7.99	99.56%	20.75	0.04	88.24%	100.00%
5	INSPECTOR ELECTRÓNICO DE NIVEL	5670	336	16.88	98.25%	101.21	0.30	94.25%	96.38%
6	LAVADORA DE CAJAS	5600	240	23.33	99.54%	25.67	0.11	95.80%	99.99%
7	DESENCAJONADORA	5650	900	6.28	99.39%	34.57	0.04	85.27%	100.00%
8	INSPECTOR ELECTRÓNICO DE OLORES	5600	720	7.78	98.62%	78.55	0.11	87.94%	99.99%
9	INSPECTOR ELECTRÓNICO DE BOTELLAS	5675	840	6.76	98.44%	89.90	0.11	86.24%	99.99%
10	TRANSPORTADOR DE CAJAS	5550	1236	4.49	98.14%	105.21	0.09	80.04%	100.00%
11	ENCAJONADORA	5630	960	5.86	97.79%	127.03	0.13	84.32%	99.95%
12	LAVADORA DE BOTELLAS	5650	900	6.28	94.07%	356.32	0.40	85.27%	92.00%
13	<b>PALETIZADORA</b>	<b>4400</b>	<b>408</b>	<b>10.784</b>	<b>97.53%</b>	<b>111.53</b>	<b>0.273</b>	<b>92.56%</b>	<b>95.26%</b>
14	ETIQUETADORA	2450	48	51.04	99.88%	3.00	0.06	98.06%	100.00%
15	<b>TRANSPORTADOR DE BOTELLAS</b>	<b>4660</b>	<b>984</b>	<b>4.736</b>	<b>92.62%</b>	<b>371.32</b>	<b>0.377</b>	<b>83.86%</b>	<b>89.01%</b>
16	<b>LLENADORA (ENVASADORA)</b>	<b>4730</b>	<b>540</b>	<b>8.759</b>	<b>94.76%</b>	<b>261.62</b>	<b>0.484</b>	<b>90.92%</b>	<b>82.09%</b>

TABLA 30 - PORCENTAJES DE EQUIPOS DESPUES DE LA PRUEBA - AÑO 2021 (ELABORACIÓN PROPIA)

Calculando la confiabilidad de la configuración en seria con la ecuación 8, después de realizar la prueba de plan de mantenimiento propuesto, obtenemos una confiabilidad de 17.36%, teniendo un aumento del 6.06% con respecto al año 2020.

Para corroborar este aumento de porcentaje, se realizó el análisis de Número Prioritario de Riesgo (NPR) a los tres equipos, para verificar este cambio con respecto al análisis del 2020, como se muestran a continuación en las tablas 31; 32 y 33.

PALETIZADORA										
Modo de falla	CONSECUENCIA	HORAS DE OPERACIÓN	N° de fallas	HORAS DE DURACION FALLAS	MTBF	MTTR	F	D	G	NPR
TRABAMINETO DE MECANISMO DE RASTRILLO 1 Y 2 POR FALTA DE LUBRICACIÓN	PÉRDIDA PRODUCTIVA	4400	128	32.31	34.38	0.25	5	2	2	20
TRABAMIENTO DE CADENAS DE MESA DE CARGA	PÉRDIDA PRODUCTIVA	4400	92	26.58	47.83	0.29	5	2	2	20
FALLAS POR PISTAS ROTAS O DESGASTADAS DE TRANSPORTE DE ARRASTRE DE CAJAS	ALTOCOSTO DE MANTENIMIENTO	4400	31	20.00	141.94	0.65	3	5	1	15
ROTURA DE CADENAS	PÉRDIDA PRODUCTIVA	4400	52	12.82	84.62	0.25	4	2	2	16
ROTURA DE SENSORES DE POSICION DE CAJAS	PERDIDA PRODUCTIVA	4400	37	12.47	118.92	0.34	2	3	2	12
TRABAMIENTO DE MECANISMO EN SISTEMA DE TRASLAIÓN DE CABEZAL	ALTO COSTO DE MANTENIMIENTO	4400	42	3.87	104.76	0.09	3	1	1	3
ROTURA DE MEANISMO DE SUJECIÓN DE CAJAS EN CABEZAL	SEGURIDAD	4400	26	3.47	169.23	0.13	1	1	5	5

FRECUENCIA		
	MIN	MAX
1	142.26	169.23
2	115.29	142.26
3	88.32	115.29
4	61.35	88.32
5	34.38	61.35

GRAVEDAD	
1	AR
2	PP
3	PP
4	MA
5	SE

DETECCIÓN		
	MIN	MAX
1	0.09	0.20
2	0.20	0.31
3	0.31	0.42
4	0.42	0.53
5	0.53	0.65

RANGO	134.86	0.55
INTERVALO	5	5
MARCA DE CLASE	26.97	0.11

TABLA 31 - ANÁLISIS DE MODO DE EFECTO FALLA DE LA PALETIZADORA DESPUES DE LA PRUEBA - AÑO 2021 (ELABORACIÓN PROPIA)

TRANSPORTADOR DE BOTELLAS										
Modo de falla	CONSECUENCIA	HORAS DE OPERACIÓN	N° de fallas	HORAS DE DURACION FALLAS	MTBF	MTTR	F	D	G	NPR
CADENAS Y PINES DESGASTADAS	PÉRDIDA PRODUCTIVA	4660	255	62.23	18.27	0.24	5	1	3	15
TRABAMIENTO DE CADENAS POR AGENTES EXTERNOS, VIDRIOS, BASURA, ETC.	PÉRDIDA PRODUCTIVA	4660	188	55.64	24.79	0.30	5	1	3	15
FALLAS POR PISTAS ROTAS O DESGASTADAS	ALTOCOSTO DE MANTENIMIENTO	4660	128	40.49	36.41	0.32	4	1	1	4
ROTURA DE CADENAS POR DESGASTE	PÉRDIDA PRODUCTIVA	4660	141	21.99	33.05	0.16	4	1	3	12
ROTURA DE CADENA Y CORTE DE CABLE DE LIMENTACIÓN DE MOTOR	SEGURIDAD	4660	70	23.49	66.57	0.34	1	1	5	5
DESGASTSE EN GUIAS DE TRANSPORTE Y ROTURA DE PERNOS	ALTO COSTO DE MANTENIMIENTO	4660	130	77.99	35.85	0.60	4	3	1	12
FALTA DE LUBRICACIÓN EN CADENAS DE ARRASTRE	PERDIDA PRODUCTIVA	4660	72	89.49	64.72	1.24	1	5	3	15

FRECUENCIA		
	MIN	MAX
1	56.91	66.57
2	47.25	56.91
3	37.59	47.25
4	27.93	37.59
5	18.27	27.93

GRAVEDAD	
1	AR
2	PP
3	PP
4	MA
5	SE

DETECCIÓN		
	MIN	MAX
1	0.16	0.37
2	0.37	0.59
3	0.59	0.81
4	0.81	1.03
5	1.03	1.24

RANGO	48.30	1.09
INTERVALO	5	5
MARCA DE CLASE	9.66	0.22

TABLA 32 - ANÁLISIS DE MODO DE EFECTO FALLA DEL TRANSPORTE DE BOTELLAS DESPUES DE LA PUEBA - AÑO 2021 (ELABORACIÓN PROPIA)

LLENADORA (ENVASADORA)										
Modo de falla	CONSECUENCIA	HORAS DE OPERACIÓN	N° de fallas	HORAS DE DURACION FALLAS	MTBF	MTTR	F	D	G	NPR
MAL MONTAJE DE TUBOS DE VENTEO PROVOCA MAL LLENADO Y DAÑO DE BOTELLAS	PÉRDIDA PRODUCTIVA	4730	155	53.09	30.52	0.34	5	1	2	10
GUIAS DE INGRESO Y SALIDA DE BOTELLAS TORIDAS PROVOCA ROTURA DE BOTELLAS	PÉRDIDA PRODUCTIVA	4730	110	52.02	43.00	0.47	5	1	3	15
DESGASTE DE ROLAS DE POSICIÓN DE VÁLVULAS DE LLENADO PROVOCA MAL CENTRADO DE BOTELLAS	ALTOCOSTO DE MANTENIMIENTO	4730	60	38.09	78.83	0.63	4	2	2	16
DESGASTE DE SELLOS DE LEVANTADORES, PROVOCA FUGAS DE ACEITE	DAÑO AL MEDIO AMBIENTE	4730	85	33.79	55.65	0.40	5	1	2	10
MALA REGULACIÓN DE SESNORES DE POSICION DE VALVULA PROVOCA LA ROTURA DE LOS MISMOS	PERDIDA PRODUCTIVA	4730	70	25.35	67.57	0.36	4	1	3	12
AJUSTE INCORRECTO DE ALTURA DE TAZA DE LLENADO PROVOCA ROTURA DE BOTELLAS Y DAÑOS EN ROLAS DE TULIPAS	PERDIDA PRODUCTIVA	4730	35	25.45	135.14	0.73	2	2	3	12
DESGASTE DE SELLOS DE VLVULAS DE INGRESO DE BEBIDA A LLENADORA PROVOCA TRABAMIENTOS Y FUGA DE BEBIDA EN VALVULAS	PERDIDA PRODUCTIVA	4730	25	33.83	189.20	1.35	1	5	3	15

FRECUENCIA		
	MIN	MAX
1	157.46	189.20
2	125.73	157.46
3	93.99	125.73
4	62.25	93.99
5	30.52	62.25

GRAVEDAD	
1	AR
2	PP
3	PP
4	MA
5	SE

DETECCIÓN		
	MIN	MAX
1	0.34	0.54
2	0.54	0.75
3	0.75	0.95
4	0.95	1.15
5	1.15	1.35

RANGO	158.68	1.01
INTERVALO	5	5
MARCA DE CLASE	31.74	0.20

TABLA 33- ANÁLISIS DE MODO DE EFECTO FALLA DE LA LLENADORA DE BOTELLAS DESPUES DE LA PUEBA - AÑO 2021 (ELABORACIÓN PROPIA)

**Conclusión del análisis:** Como se visualiza en las tablas 31, 32 y 33, la prueba en la implementación de los tipos de mantenimiento y sus respectivas actividades, a los tres equipos críticos, ha provocado una disminución del Índice Prioritario de Riesgo (NPR) con respecto al año anterior (2020), y esto se visualiza en el aumento de los porcentajes de Confiabilidad, Disponibilidad y Mantenibilidad.

#### 4.3.3. Comparación de los resultados.

En la siguiente figura se muestra la curva de confiabilidad de los años 2020 y 2021, nótese la mejora que hubo a pesar de haber aplicado este sistema a solo tres de los dieciséis equipos que hay en el proceso.



FIGURA 32- COMPARACIÓN AÑO 2020-2021 (ELABORACIÓN PROPIA)

4.4. Análisis estadístico con la prueba T-Student.

Dado al análisis previo y la determinación de los tipos mantenimiento adecuados a cada uno de los tres equipos críticos seleccionados, y llegar al porcentaje de confiabilidad requerida, se procederá a realizar la valides estadística de dichos datos.

EQUIPO	Horas de Operación	Número de Fallas	MTBF	Ai	TIEMPO TOTAL DE REPARACIONES	MTTR	R(t)	M(t)
<b>ANTES (2020)</b>								
PALETIZADORA	5300	1356	3.91	91.43%	496.56	0.37	77.43%	93.48%
TRANSPORTADOR DE BOTELLAS	5566	1620	3.44	85.29%	959.72	0.59	74.75%	81.51%
LLENADORA (ENVASADORA)	5670	1308	4.33	87.00%	847.37	0.65	79.40%	78.64%
<b>DESPUES (2021)</b>								
PALETIZADORA	4400	408	10.78	97.53%	111.53	0.27	92.56%	95.26%
TRANSPORTADOR DE BOTELLAS	4660	984	4.74	92.62%	371.32	0.38	83.86%	89.01%
LLENADORA (ENVASADORA)	4730	540	8.76	94.76%	261.62	0.48	90.92%	82.09%

TABLA 34- ANTES Y DESPUES DE REALIZAR LA PRUEBA DEL MANTENIMIENTO PROPUESTO (ELABORACIÓN PROPIA)

#### 4.4.1. Comparación del antes y después de la DISPONIBILIDAD.

EQUIPOS	DISPONIBILIDAD	
	ANTES (2020)	DESPUES (2021)
PALETIZADORA	91.43%	97.53%
TRANSPORTADOR DE BOTELLAS	85.29%	92.62%
LLENADORA (ENVASADORA)	87.00%	94.76%
<b>PROMEDIO</b>	<b>87.91%</b>	<b>94.97%</b>

TABLA 35- PORCENTAJE DE LA DISPONIBILIDAD ANTES Y DESPUES (ELABORACIÓN PROPIA)

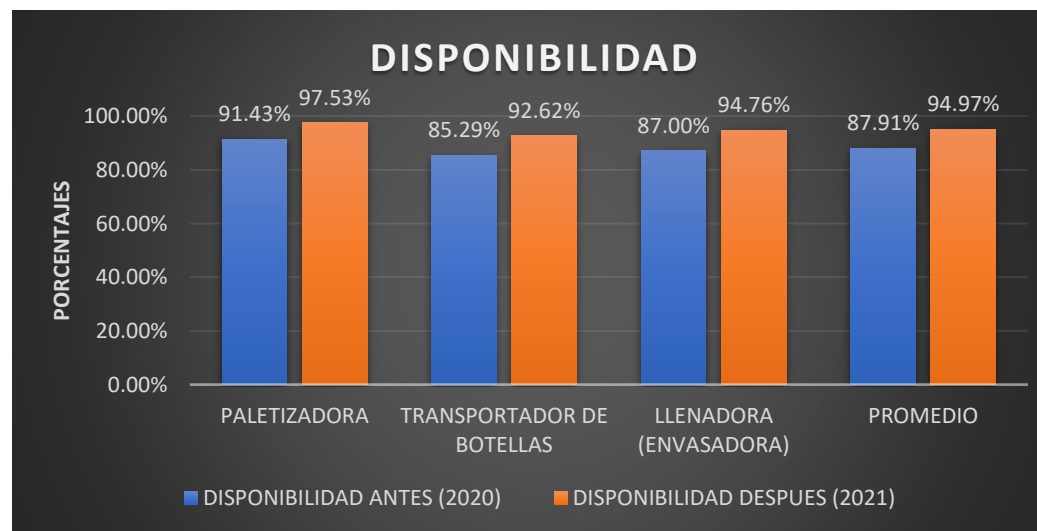


FIGURA 33-INDICADOR DIPONIBILIDAD (ELABORACIÓN PROPIA)

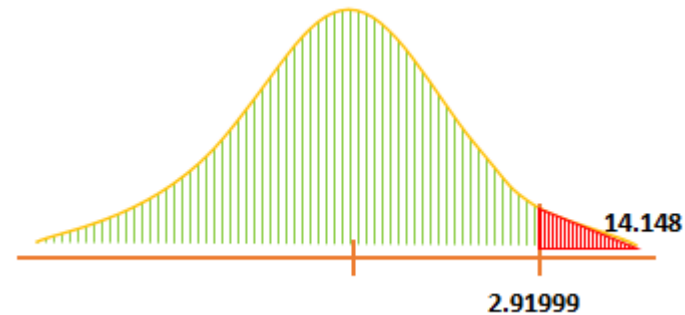
**Interpretación:** la Disponibilidad de los equipos críticos en promedio presentaban un 87.91% y ahora un 94.97%, en otras palabras, la Disponibilidad tuvo un aumento del 7.06%, luego de ejecutar la prueba del plan de mantenimiento propuesto.

4.4.1.1. Validación estadística de la Disponibilidad.

$H_0: \mu \leq 0$ , El porcentaje de disponibilidad **no aumenta significativamente** después de realizar la prueba del plan de mantenimiento propuesto.

$H_1: \mu > 0$ , El porcentaje de disponibilidad **aumenta significativamente** después de realizar la prueba del plan de mantenimiento propuesto.

Indicadores	Resultados
d=	7.06%
Sd=	0.00864
n=	3
g=	2
$\alpha$ =	0.05
$V_{(1-\alpha).(n-1)}$ =	2.91999
<b>t=</b>	<b>14.148</b>
<b>p-valor=</b>	<b>0.00248</b>



- Decisión: **NO** se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ).
- Conclusión: **SI** se acepta la hipótesis alternativa ( $H_1$ ), con una probabilidad de error del 0.248% menor que el 5% ( $\alpha$ ), por lo tanto, el porcentaje de disponibilidad **aumenta significativamente** después de realizar la prueba del plan de mantenimiento propuesto.



4.4.2. Comparación del antes y después de la CONFIABILIDAD.

EQUIPOS	CONFIABILIDAD	
	ANTES (2020)	DESPUES (2021)
PALETIZADORA	77.43%	92.56%
TRANSPORTADOR DE BOTELLAS	74.75%	83.86%
LLENADORA (ENVASADORA)	79.40%	90.92%
<b>PROMEDIO</b>	<b>77.19%</b>	<b>89.12%</b>

TABLA 36- PORCENTAJE DE LA CONFIABILIDAD ANTES Y DESPUES (ELABORACIÓN PROPIA)

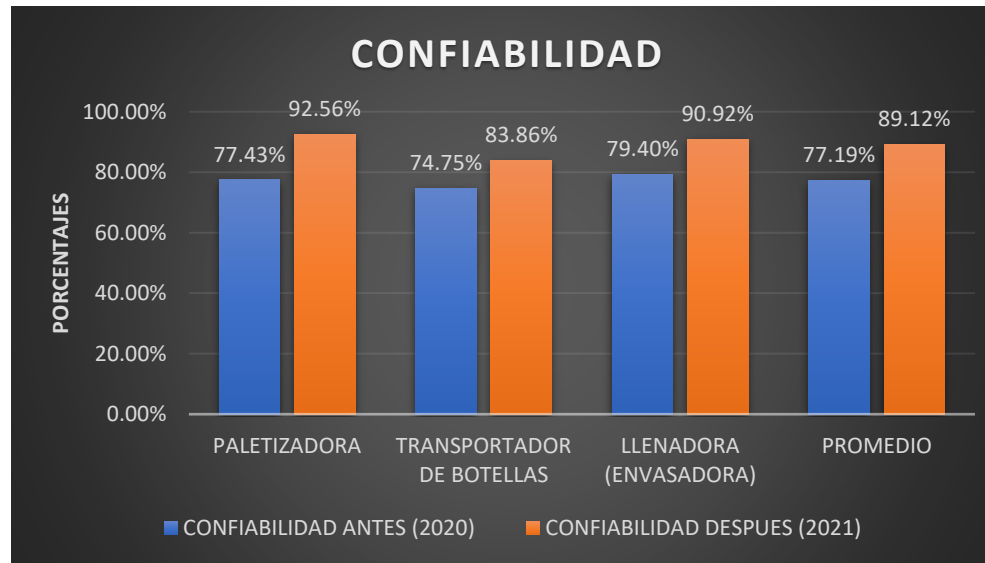


FIGURA 34- INDICADOR CONFIABILIDAD (ELABORACIÓN PROPIA)

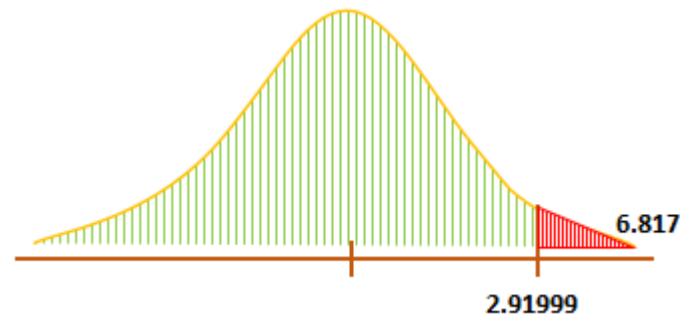
**Interpretación:** la Confiabilidad de los equipos críticos en promedio presentaban un 77.19% y ahora un 89.12%, en otras palabras, la Confiabilidad tuvo un aumento del 11.93%, luego de ejecutar la prueba del plan de mantenimiento propuesto.

4.4.2.1. Validación estadística de la Confiabilidad.

**H<sub>0</sub>:  $\mu \leq 0$ ,** El porcentaje de confiabilidad **no aumenta significativamente** después de realizar la prueba del plan de mantenimiento propuesto.

**H<sub>1</sub>:  $\mu > 0$ ,** El porcentaje de confiabilidad **aumenta significativamente** después de realizar la prueba del plan de mantenimiento propuesto.

Indicadores	Resultados
<b>d=</b>	11.93%
<b>Sd=</b>	0.03030
<b>n=</b>	3
<b>g=</b>	2
<b><math>\alpha</math>=</b>	0.05
<b>V(1-<math>\alpha</math>).(n-1)=</b>	2.91999
<b>t=</b>	6.817
<b>p-valor=</b>	0.01042



- Decisión: **NO** se acepta la hipótesis nula (H<sub>0</sub>).
- Conclusión: **SI** se acepta la hipótesis alternativa (H<sub>1</sub>), con una probabilidad de error del 1.042% menor que el 5%( $\alpha$ ), por lo tanto, el porcentaje de confiabilidad **aumenta significativamente** después de realizar la prueba del plan de mantenimiento propuesto.

4.4.3. Comparación del antes y después de la MANTENIBILIDAD.

EQUIPOS	MANTENIBILIDAD	
	ANTES (2020)	DESPUES (2021)
PALETIZADORA	93.48%	95.26%
TRANSPORTADOR DE BOTELLAS	81.51%	89.01%
LLENADORA (ENVASADORA)	78.64%	82.09%
<b>PROMEDIO</b>	<b>84.54%</b>	<b>88.79%</b>

TABLA 37- PORCENTAJE DE LA MANTENIBILIDAD ANTES Y DESPUES (ELABORACIÓN PROPIA)

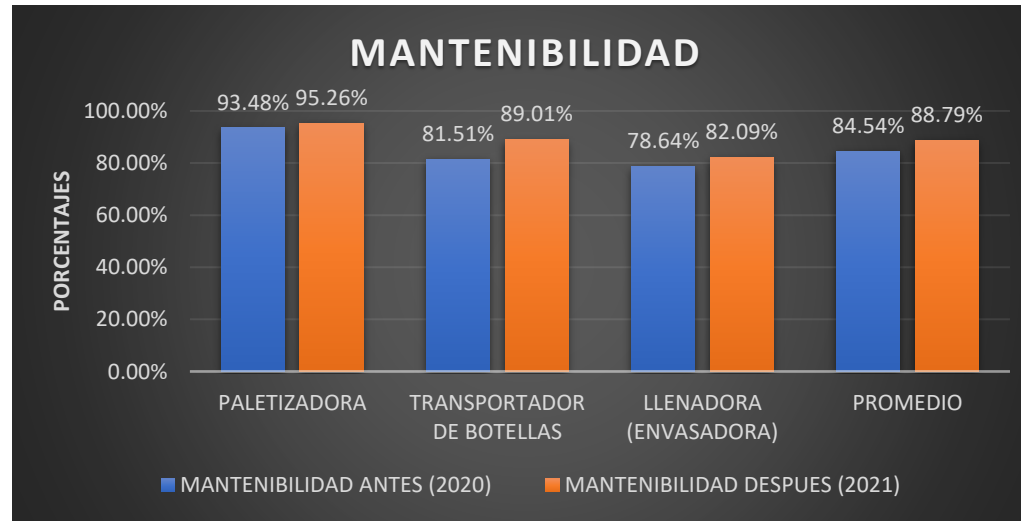


FIGURA 35- INDICADOR MANTENIBILIDAD (ELABORACIÓN PROPIA)

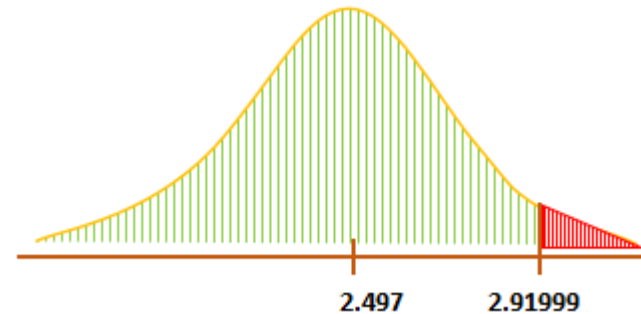
**Interpretación:** la Mantenibilidad de los equipos críticos en promedio presentaban un 84.54% y ahora un 88.79%, en otras palabras, la Mantenibilidad tuvo un aumento del 4.25%, luego de ejecutar la prueba del plan de mantenimiento propuesto.

4.4.3.1. Validación estadística de la Mantenibilidad.

**H<sub>0</sub>:  $\mu \leq 0$ ,** El porcentaje de mantenibilidad **no aumenta significativamente** después de realizar la prueba del plan de mantenimiento propuesto.

**H<sub>1</sub>:  $\mu > 0$ ,** El porcentaje de mantenibilidad **aumenta significativamente** después de realizar la prueba del plan de mantenimiento propuesto.

Indicadores	Resultados
<b>d=</b>	4.24%
<b>Sd=</b>	0.02944
<b>n=</b>	3
<b>g=</b>	2
<b><math>\alpha</math>=</b>	0.05
<b><math>V_{(1-\alpha).(n-1)}</math>=</b>	2.91999
<b>t=</b>	2.497
<b>p-valor=</b>	0.06494



- Decisión: **SI** se acepta la hipótesis nula (H<sub>0</sub>).
- Conclusión: **NO** se acepta la hipótesis alternativa (H<sub>1</sub>), con una probabilidad de error del 6.494% mayor que el 5% ( $\alpha$ ), por lo tanto, el porcentaje de mantenibilidad **no aumenta significativamente** después de realizar la prueba del plan de mantenimiento propuesto.

#### 4.5. Análisis económico financiero.

##### 4.5.1. Costos y horas de producción.

En la siguiente tabla, tenemos como dato el costo de producción y la cantidad de cajas producidas en un mes.

<b>PRODUCCION PROMEDIO DE LITROS MENSUALES (lt)</b>	<b>COSTO APROXIMADO MENSUAL DE PRODUCCIÓN (S/)</b>
1,204,548.00	1,103,122.65

TABLA 38- COSTOS DE PRODUCCIÓN DE BEBIDA (ELABORACIÓN PROPIA)

Con los datos de la tabla 34, podemos obtener el costo por litro de bebida y el costo de una hora de producción (Ci), como se muestra en la tabla siguiente.

<b>COSTO POR LITRO (S/)</b>	<b>Ci (S/)</b>
0.92	1,767.82

TABLA 39- COSTOS POR LITRO Y Ci (ELABORACIÓN PROPIA)

En la siguiente tabla, se muestra cuantas horas anuales hay de producción en la empresa, este dato nos servirá para calcular el tiempo indisponible (H) y por ende las pérdidas por indisponibilidad (Pi).

<b>DÍAS EN UN AÑO</b>	<b>DOMINGOS EN UN AÑO</b>	<b>FERIADOS EN UN AÑO</b>	<b>DÍAS DE PRODUCCIÓN</b>	<b>HORAS DE PRODUCCIÓN ANUAL (Hi)</b>
365	52	8	305	7320

TABLA 40-HORAS DE PRODUCCIÓN (ELABORACION PROPIA)

En las siguientes tablas se visualiza el cálculo del Tiempo Indisponible (H) y las Perdidas por Indisponibilidad (Pi), del año 2020 y 2021 respectivamente.

AÑO 2020				
ÍTEM	EQUIPO	Ai	H (hr)	Pi (S/)
1	SEPARADOR LINEAL	99.84%	11.83	20,921.17
2	DESPALETIZADORA	99.67%	24.21	42,800.11
3	DESCAPSULADORA	99.71%	20.98	37,092.11
4	TRANSPORTADOR DE PALETAS	99.56%	32.17	56,879.71
5	INSPECTOR ELECTRÓNICO DE NIVEL	98.25%	128.37	226,942.69
6	LAVADORA DE CAJAS	99.54%	33.40	59,043.10
7	DESENCAJONADORA	99.39%	44.51	78,688.35
8	INSPECTOR ELECTRÓNICO DE OLORES	98.62%	101.26	179,009.33
9	INSPECTOR ELECTRÓNICO DE BOTELLAS	98.44%	114.15	201,798.00
10	TRANSPORTADOR DE CAJAS	98.14%	136.18	240,746.34
11	ENCAJONADORA	97.79%	161.52	285,541.49
12	LAVADORA DE BOTELLAS	94.07%	434.25	767,680.33
13	<b>PALETIZADORA</b>	<b>91.43%</b>	<b>627.06</b>	<b>1,108,540.82</b>
14	ETIQUETADORA	99.88%	8.95	15,826.10
15	<b>TRANSPORTADOR DE BOTELLAS</b>	<b>85.29%</b>	<b>1,076.54</b>	<b>1,903,127.99</b>
16	<b>LLENADORA (ENVASADORA)</b>	<b>87.00%</b>	<b>951.72</b>	<b>1,682,481.31</b>

TABLA 41- CALCULO DE H Y Pi DEL AÑO 2020 (ELABORACIÓN PROPIA)

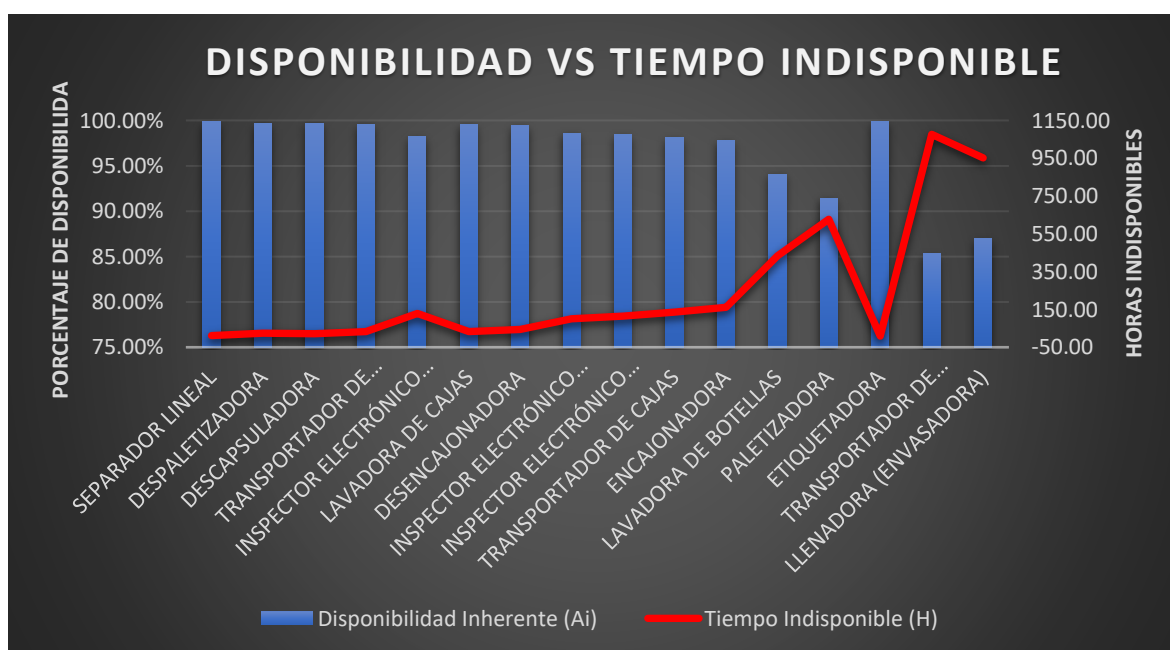


FIGURA 36- CURVA DEL TIEMPO INDISPONIBLE AÑO 2020 (ELABORACIÓN PROPIA)

AÑO 2021				
ÍTEM	EQUIPO	Ai	H (hr)	Pi (S/)
1	SEPARADOR LINEAL	99.84%	11.83	20,921.17
2	DESPALETIZADORA	99.67%	24.21	42,800.11
3	DESCAPSULADORA	99.71%	20.98	37,092.11
4	TRANSPORTADOR DE PALETAS	99.56%	32.17	56,879.71
5	INSPECTOR ELECTRÓNICO DE NIVEL	98.25%	128.37	226,942.69
6	LAVADORA DE CAJAS	99.54%	33.40	59,043.10
7	DESENCAJONADORA	99.39%	44.51	78,688.35
8	INSPECTOR ELECTRÓNICO DE OLORES	98.62%	101.26	179,009.33
9	INSPECTOR ELECTRÓNICO DE BOTELLAS	98.44%	114.15	201,798.00
10	TRANSPORTADOR DE CAJAS	98.14%	136.18	240,746.34
11	ENCAJONADORA	97.79%	161.52	285,541.49
12	LAVADORA DE BOTELLAS	94.07%	434.25	767,680.33
13	<b>PALETIZADORA</b>	<b>97.53%</b>	<b>180.96</b>	<b>319,902.88</b>
14	ETIQUETADORA	99.88%	8.95	15,826.10
15	<b>TRANSPORTADOR DE BOTELLAS</b>	<b>92.62%</b>	<b>540.23</b>	<b>955,029.30</b>
16	<b>LLENADORA (ENVASADORA)</b>	<b>94.76%</b>	<b>383.65</b>	<b>678,234.25</b>

TABLA 42- CALCULO DE H Y Pi DEL AÑO 2021 (ELABORACIÓN PROPIA)

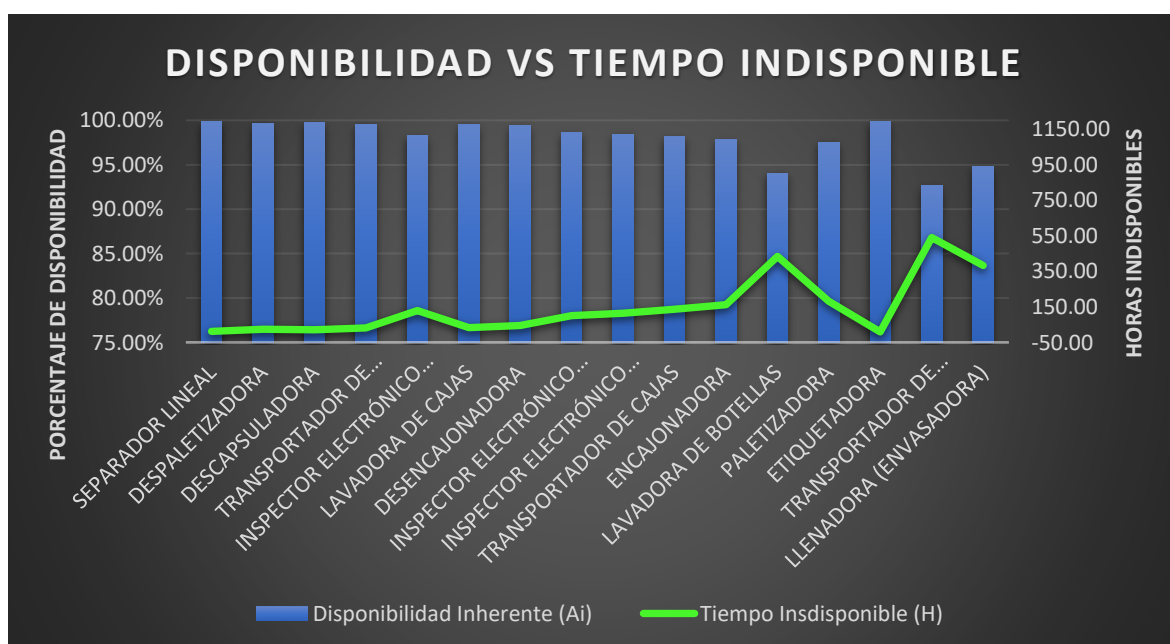


FIGURA 37- CURVA DEL TIEMPO INDISPONIBLE AÑO 2021 (ELABORACIÓN PROPIA)

4.5.2. Resultado del análisis económico.

AÑO 2020					
ÍTEM	EQUIPO	Ai	HORAS AL AÑO	H (hr)	Pi (S/)
13	PALETIZADORA	91.43%	7320	627.06	1,108,540.82
15	TRANSPORTADOR DE BOTELLAS	85.29%	7320	1076.54	1,903,127.99
16	LLENADORA (ENVASADORA)	87.00%	7320	951.72	1,682,481.31
					4,694,150.13

TABLA 43- ANALISIS ECONOMICO 2020 (ELABORACIÓN PROPIA)

AÑO 2021					
ÍTEM	EQUIPO	Ai	HORAS AL AÑO	H (hr)	Pi (S/)
13	PALETIZADORA	99.56%	7320	180.96	319,902.88
15	TRANSPORTADOR DE BOTELLAS	99.54%	7320	540.23	955,029.30
16	LLENADORA (ENVASADORA)	99.39%	7320	383.65	678,234.25
					1,953,166.43

TABLA 44- ANALISIS ECONOMICO 2021 (ELABORACIÓN PROPIA)



## V. DISCUSIÓN

En la presente investigación, se propone la implementación de un Plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, tomando en cuenta las directrices de la norma UNE-EN 13306 en su edición 2018, la cual nos indica los tipos de mantenimiento y las respectivas actividades que pueden utilizarse. Pudiendo así demostrar la eficacia de esta metodología ante una posible implementación.

Se inició este proceso con la recopilación de los datos necesarios, de todos los equipos de la línea seleccionada para la prueba de implementación, del plan de mantenimiento propuesto, ya que dichos datos son necesarios para tener el enfoque adecuado y direccionado para cada equipo en específico, de acuerdo a sus características funcionales y su finalidad en el proceso.

Seguidamente se realiza la recopilación del número de horas de fallo de cada equipo, durante los tres últimos años anteriores al presente. Con dichos datos se efectúa el análisis de criticidad de los equipos con más bajo nivel de confiabilidad; para esta investigación se seleccionaron tres de los dieciséis equipos analizados, puesto que fueron los que generaron el mayor impacto negativo para el proceso productivo.

Dicho análisis se realizó en base a la metodología RCM, utilizando procedimientos matemáticos ejecutados en una hoja de cálculo acondicionada para este fin. Así lo demostraron los autores (Cordero y Estupiñan 2018), quienes empleando herramientas matemáticas y estadísticas, lograron obtener el nivel de criticidad de los equipos analizados y determinaron cual era el equipo con mayor impacto negativo para su sistema productivo.

En base al análisis y cálculos efectuados, se pudo hallar el nivel de confiabilidad de todos los equipos de la línea de proceso, logrando determinar de manera independiente el nivel de la misma, para cada uno de ellos, con estos resultados se ejecuta, a manera de prueba, el Plan de Mantenimiento propuesto en este proyecto de investigación, seleccionando para ello solo tres equipos de los dieciséis que conformar la línea productiva, iniciando esta prueba el primer mes del presente año 2021, cabe mencionar que los autores (Morocho y Rodríguez 2017) en su proyecto de investigación, ejecutaron un análisis de confiabilidad para un área de trabajo,

logrando determinar los elementos que generaban retrasos en las actividades de esta y además de la revisión de sus indicadores. Esto les permitió mejorar la confiabilidad, viéndose reflejado en la reducción de los costos operativos.

Con el resultado obtenido después del análisis realizado en esta investigación, se seleccionaron, de acuerdo a las directivas de la norma UNE-EN 13306, en sus artículos del 7.1 al 7.19 los tipos de mantenimiento, y en sus artículos del 8.1 al 8.15, las actividades de mantenimiento. Los mismos que fueron aplicados, de acuerdo a la necesidad de cada equipo seleccionado para la prueba de implementación propuesta en esta investigación.

Para validar estos resultados, se utilizó un sistema de análisis estadístico, el mismo que, permitió dar conformidad a la veracidad de estos; logrando determinar si el porcentaje promedio de la confiabilidad, de los equipos seleccionados, ha aumentado o no significativamente, con respecto al año anterior a la prueba. Así lo demostraron en su investigación los autores (Díaz Concepción, del Castillo Serpa y Villar Ledo 2017) que utilizaron la metodología de pruebas de validez y de confiabilidad para el análisis de sus variables.

Para finalizar, se puede afirmar que, la correcta implementación del Plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad propuesto en esta investigación, puede lograr la disminución de las horas de parada no programadas, lo que significaría un ahorro económico en cuanto a gastos imprevistos por reparaciones no planificadas. Así mismo, un aumento en las horas de producción efectiva de la línea analizada. Por tal motivo los autores (Bujaico Matamoros y Cantera Sarmiento 2018) al implementar su investigación, obtuvieron un aumento en sus indicadores de confiabilidad y disponibilidad, lo que significó un ahorro significativo en los costos de mantenimiento.

## VI. CONCLUSIONES

Ante esta problemática mencionada en este presente proyecto de investigación, se propone la Implementación de un Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, para los equipos de la línea 3, puesto que, por el historial de paradas no programadas, son estos los que no permiten un buen desempeño de la línea en mención, siendo la principal causa de su baja eficiencia productiva. En coordinación con los responsables de las áreas involucradas para este proceso productivo, se inició con la identificación de cada uno de los equipos, sus principales características, la función que desempeña en el proceso y el histórico de fallos de cada uno.

Identificados los equipos y su respectiva función, se da inicio el análisis de los niveles de criticidad de cada uno de ellos, con los datos obtenidos en los últimos tres años (2018-2019-2020). Con los resultados obtenidos de este análisis, se seleccionaron los tres equipos con menor porcentaje de confiabilidad tomando como referencia el último año analizado (2020), siendo estos el Transportador de Botellas, Llenadora y Paletizadora, los cuales obtuvieron un porcentaje de Confiabilidad: **74,75%**; **77,43%** y **79,40%**; Disponibilidad: **85,29%**; **87,00%** y **91,43%**; Mantenibilidad: **81,51%**; **78,64%** y **93,48%**; respectivamente. Luego del análisis con la tabla de ponderación (tabla 2), se determinó cuál de los tres equipos debería tener la prioridad a ser atendido, a continuación, se realizó el análisis de modo efecto falla, el mismo que nos permitió determinar, cuál de las fallas de cada equipo tiene mayor Número Prioritario de Riesgo (NPR); como se muestra en las tablas 16,17 y18, puesto que este valor es el determinante para la pronta atención y/o solución de la falla en el equipo seleccionado.

Con los resultados del análisis de modo efecto falla, tal como se muestran en las tablas 22-23-24, se propuso a manera de prueba la implementación del tipo de mantenimiento que debe ejecutarse por equipo, todo ello basando en la **Norma UNE-EN 13306:2018**. Logrando de esta manera disminuir el valor del Número Prioritario de Riesgo (NPR); como se muestra en las tablas 31, 32 y 33, disminuyendo de esta manera, el número de fallos en cada uno de los equipos analizados. Como consecuencia de esta prueba, se obtuvo un resultado favorable en el Transporte de Botellas, Llenadora y Paletizadora que fueron los tres equipos

seleccionados para este fin, logrando un aumento en su nivel de Confiabilidad: **83,86%**; **90,92%** y **92,56%**; así mismo la Disponibilidad: **92,62%**; **94,76%** y **97,53%** y la Mantenibilidad: **89,01%**; **82,09%** y **95,26%** respectivamente.

Para determinar la veracidad de estos datos obtenidos, se realizó el análisis estadístico (T-Student) de la Disponibilidad en los tres equipos seleccionados, obteniendo un promedio de **87.91%** en el año 2020 y un **94.97%** en año 2021(año de la prueba de implementación), así se muestra en la tabla 35 y la figura 33, este análisis estadístico nos muestra que tenemos un aumento de **7.06%**. Así mismo se realizó el análisis de la Confiabilidad, obteniendo un promedio de **77.19%** en el año 2020 y un **89.12%** en el año 2021, así se muestra en la tabla 36 y la figura 34, donde también tenemos un aumento de **11.93%**. Por otra parte, al realizar el análisis estadístico de la Mantenibilidad de los tres equipos, se obtuvo un promedio de **84.54%** en el año 2020 y un **88.79%** en el año 2021, como se muestra en la tabla 37 y la figura 35, donde en este caso el aumentó solo un **4.25%**. Con los resultados obtenidos en la prueba T-Student, confirmamos la veracidad de los análisis realizados en este proyecto.

Al visualizar la figura 36 que pertenece al cálculo de la tabla 41, tenemos un pico bien pronunciado de tiempo de indisponibilidad, que corresponde al Transportador de Botellas con un tiempo indisponible (H), de **1,076.54 horas/anuales**, que traduciéndolo a dinero corresponde la cantidad de **S/ 1,903,127.99 anuales** de perdida por indisponibilidad (Pi), de igual manera la Paletizadora con **S/ 1,108,540.82 anuales** y la Llenadora con **S/ 1,682,481.31 anuales** de pérdidas por indisponibilidad. Posterior a la prueba de Implementación del Plan Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, se pudo reducir estas pérdidas en un **58.40%** aproximadamente, tal como se muestra en las tablas 43 y 44, obteniendo un ahorro anual aproximado de **S/ 2,740,983.70**, siendo estos resultados solo para los tres equipos seleccionados para la prueba. Con estos resultados queda demostrado favorablemente que el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad dio los resultados esperados, para una posterior implementación en los demás equipos de la línea, y por qué no, a nivel Planta.

## VII. RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda implementar de manera integral el plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad, para todos los equipos de la línea analizada en esta investigación.
- ✓ Se recomienda seguir adecuadamente los lineamientos de la norma UNE-EN 13306 para poder implementar correctamente el plan de mantenimiento propuesto.
- ✓ Se recomienda capacitación específica por equipo, tanto a personal operario como a personal técnico.
- ✓ Se recomienda tomar como base la implementación de este tipo de metodología de mantenimiento, para que a futuro se pueda implementar el TPM.
- ✓ Dado los últimos avances en software de gestión, se recomienda el uso de cualquiera de ellos, que se adapte a la necesidad de la empresa.
- ✓ Puesto que el mantenimiento, es un proceso de muy dinámico, y por ende cambiante en el tiempo, se recomienda estar alineado a los nuevos cambios, tendencias y nuevas tecnologías que pudieran aparecer en el transcurso del tiempo.

## REFERENCIAS

- BUJAICO MATAMOROS, M.L. y CANTERA SARMIENTO, F., 2018. *Gestión de mantenimiento basado en la confiabilidad para incrementar los KPI de línea de envasado TetraPak de Arcacontinental-Lindley planta Zarate 2018* [en línea]. Trujillo-Perú: Universidad César Vallejo. [Consulta: 7 mayo 2021]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/36899>.
- CÁRCEL CARRASCO, F.J., 2016. CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS TPM Y RCM EN LA INGENIERÍA DEL MANTENIMIENTO. *3C Tecnología\_Glosas de innovación aplicadas a la pyme* [en línea], vol. 5, no. 3, pp. 68-75. [Consulta: 22 mayo 2021]. ISSN 2254-4143. DOI 10.17993/3ctecno.2016.v5n3e19.68-75. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno.2016.v5n3e19.68-75>.
- CORDERO, O. y ESTUPIÑAN, E., 2018. Propuesta De Optimización Del Mantenimiento De Planta Minera De Cobre Ministro Hales, Mediante Análisis De Confiabilidad, Utilizando La Metodología Fmeca. *Investigacion & Desarrollo*, vol. 18, no. 1, pp. 129-142. ISSN 18146333. DOI 10.23881/idupbo.018.1-10i.
- DÍAZ CONCEPCIÓN, A., DEL CASTILLO SERPA, A. y VILLAR LEDO, L., 2017. Instrumento para evaluar el estado de la gestión de mantenimiento en plantas de bioproductos: Un caso de estudio. *Ingeniare*, vol. 25, no. 2, pp. 306-313. ISSN 07183305. DOI 10.4067/S0718-33052017000200306.
- DOUNCE VILLANUEVA, E. (2014)., 2014. *La productividad en el mantenimiento industrial (3a. ed.)*. S.l.: s.n. ISBN 9786074389241.
- FERNANDEZ, E., 2018. Gestión de Mantenimiento: Lean Maintenance y TPM. [en línea], pp. 60. Disponible en: [http://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/47868/1/Gestión de Mantenimiento. Lean Maintenance y TPM.pdf](http://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/47868/1/Gestión%20de%20Mantenimiento.%20Lean%20Maintenance%20y%20TPM.pdf).
- GARRIDO, S.G., 2010. *Organización y gestión integral de mantenimiento* [en línea]. S.l.: s.n. ISBN 8479785489. Disponible en: <http://library1.nida.ac.th/termpaper6/sd/2554/19755.pdf>.
- GASCA, M.C., CAMARGO, L.L. y MEDINA, B., 2017. Sistema para Evaluar la Confiabilidad de Equipos Críticos en el Sector Industrial. *Informacion Tecnologica*, vol. 28, no. 4, pp. 111-124. ISSN 07180764. DOI 10.4067/S0718-07642017000400014.
- JORGE MAURICIO LÓPEZ SALAS, 2018. "PROPUESTA DE UN SUBPROCESO INTEGRAL PARA ANÁLISIS DE FALLAS ELECTRÓNICAS QUE MEJORE LA EFICIENCIA Y EFICACIA ADMINISTRATIVA DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN". [en línea]. Cd. Madero, Tamaulipas, México.: INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CIUDAD MADERO. [Consulta: 7 mayo 2021]. Disponible en: <http://200.188.131.162:8080/jspui/handle/123456789/316>.
- LUIS FELIPE SEXTO, 2018. Tipos de mantenimiento: ¿Cuántos y cuáles son? *Artículo Técnico* [en línea], pp. 1-4. [Consulta: 20 octubre 2021]. Disponible en: [http://www.mantenimientomundial.com/notas/SEXTO\\_Tipos-Mantenimiento.pdf](http://www.mantenimientomundial.com/notas/SEXTO_Tipos-Mantenimiento.pdf).
- MESA GRAJALES, D., PINZÓN CANDELARIO, M. y ORTIZ SÁNCHEZ, Y., 2006. La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento. *Scientia et Technica* [en línea], vol. 1, no. 30, pp. 155-160. ISSN 0122-1701. DOI 10.22517/23447214.6513. Disponible en: <https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/6513>.
- MORA GUTIÉRREZ, L.A., 2009. *Mantenimiento. Planeación, ejecución y control (2009)*. S.l.: s.n. ISBN 9789586827690.

- MOROCHO, Y.A.C. y RODRÍGUEZ, C.E.C., 2017. "DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) EN LA FLOTA DE EXCAVADORAS HIDRÁULICAS 336DL PARA REDUCIR COSTOS DE REPARACIÓN EN LA EMPRESA COANSA DEL PERÚ INGENIEROS S.A.C. CAJAMARCA 2017. *UPN* [en línea], pp. 0-133. Disponible en:  
[https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/12706/Chuquimango Moroch%2C Yone Abdul%3B Cotrina Rodríguez%2C Charles Edwin.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/12706/Chuquimango%20Moroch%20Yone%20Abdul%3B%20Cotrina%20Rodr%C3%93guez%20Charles%20Edwin.pdf?sequence=4&isAllowed=y).
- MOUBRAY, J., 2004. *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad*. Edición en Español. [en línea], vol. 2, pp. 446. Disponible en:  
[https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/35711506/MANTENIMIENTO\\_CENTRADO\\_EN.pdf?1416859365=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DMANTENIMIENTO\\_CENTRADO\\_EN\\_LA\\_CONFIABILID.pdf&Expires=1611724235&Signature=VCclp5fWghfi32UWYi-ZnvpuBcpEKcMM1c9PUcAoEJ](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/35711506/MANTENIMIENTO_CENTRADO_EN.pdf?1416859365=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DMANTENIMIENTO_CENTRADO_EN_LA_CONFIABILID.pdf&Expires=1611724235&Signature=VCclp5fWghfi32UWYi-ZnvpuBcpEKcMM1c9PUcAoEJ).
- PÉREZ BORRAJO, A.C., 2014. *Desarrollo de un procedimiento de Mantenimiento Basado en el Riesgo para el equipamiento de la Planta de Producción del Centro de Bioactivos Químicos (CBQ)* [en línea]. S.l.: Universidad Central «Marta Abreu» de Las Villas. [Consulta: 19 septiembre 2021]. Disponible en:  
<http://dspace.uclv.edu.cu:8089/xmlui/handle/123456789/5506>.
- QUISPE MAMANI, A., 2017. *APLICACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA LINEA-63 EN EL PROCESO DE EMBOTELLADO DE LA EMPRESA CORPORACIÓN LINDLEY S.A. S.J.L, 2016* [en línea]. Lima-Perú: Universidad César Vallejo. [Consulta: 7 mayo 2021]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/29355>.
- RAFAEL, H.R., TERESA NOHEMI, C.A. y NANCY ARACELI, H.R., 2020. *PRUEBA DE HIPÓTESIS ESTADÍSTICA CON EXCEL*. [en línea], pp. 1-75. [Consulta: 6 noviembre 2021]. Disponible en:  
<http://ucea.udg.mx/include/publicaciones/coorinv/pdf/Libro-Prueba-de-hipotesis.pdf>.
- SANTIAGO GARCÍA GARRIDO, 2010. *La contratación del mantenimiento industrial* [en línea]. S.l.: s.n. [Consulta: 20 septiembre 2021]. Disponible en:  
[https://books.google.com.pe/books?id=LwLk1NwRXyoC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=LwLk1NwRXyoC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false).
- UNE-EN13306, 2018. *UNE 13306 2018 - Terminología del Mantenimiento* [en línea]. 2018. S.l.: s.n. Disponible en: <https://studylib.es/doc/9047028/une-13306-2018---terminologia-del-mantenimiento>.

## ANEXOS

### Anexo A

TABLA 45- OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE

VARIABLE DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Independiente: Optimizar el nivel de gasto en mantenimiento.	Es determinar el tipo de mantenimiento adecuado, que permitan reducir el tiempo de indisponibilidad en o los equipos y así mejorar la confiabilidad del proceso o sistema para asegurar los resultados deseados al menor costo posible.	Se determinará el NPR y el modo efecto falla de cada uno de los equipos críticos, para así determinar qué tipo de mantenimiento es el más adecuado para cada fallo, en base a la Norma Española EN 13306:2018	$H = (1 - A_i) \cdot H_i$ $P_i = (1 - A_i) \cdot H_i \cdot C_i$ $N. P. R = F_x G_x D$	Cuantitativa de Razón
Dependiente: La confiabilidad	La confiabilidad puede ser definida como la confianza que se le atribuye a equipo o sistema, que está operando cierta función, bajo los estándares establecido en la producción durante un periodo de tiempo determinado. (Mesa Grajales, Pinzón Candelario y Ortiz Sánchez 2006)	Se analizará cada uno de los equipos seleccionados en base a su criticidad, para así determinar la confiabilidad de los mismos.	$R(t) = e^{-\lambda \cdot t}$ $R(t) = e^{-\frac{t}{MTBF}}$	Cuantitativa de Razón

Fuente: Elaboración propia 2021



Anexo B

TABLA 46- POBLACIÓN

ÍTEM	EQUIPOS LINEA 3	CANTIDAD
1	TRANSPORTE DE PALETAS	1
2	DESPALETIZADORA	1
3	DESENCAJONADORA	1
4	LAVADORA DE CAJAS	1
5	ENCAJONADORA	1
6	DESCAPSULADORA	1
7	INSPECTOR ELECTRÓNICO DE OLORES	1
8	LAVADORA DE BOTELLAS	1
9	INSPECTOR ELECTRÓNICO DE BOTELLAS	1
10	LLENADORA	1
11	INSPECTOR ELECTRÓNICO DE NIVEL	1
12	SEPARADOR LINEAL	1
13	ETIQUETADORA	1
14	TRANSPORTE DE BOTELLAS	1
15	TRANSPORTE DE CAJAS	1
16	PALETIZADORA	1

Fuente: Elaboración propia 2021

Anexo C

TABLA 47- MUESTRA

ÍTEM	EQUIPOS POR ANALIZAR	CANTIDAD
1	PALETIZADORA	1
2	TRANSPORTE DE BOTELLAS	1
3	LLENADORA DE BOTELLAS	1

*Fuente: Elaboración propia 2021*

## Anexo D

TABLA 48- TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Técnicas de recolección de datos	Instrumentos de recolección de datos
Análisis documentario	Histórico de fallos de los equipos
Medición de tiempo de trabajo	Horas de trabajo del equipo en producción
Entrevistas al personal	Hojas de calculo

*Fuente: Elaboración propia 2021*

Anexo E

TABLA 49- TABLA DE VALORES CRÍTICOS T-STUDENT

Tabla  
T-Student



Grados de libertad	Nivel de Significancia					
	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005
1	1.0000	3.0777	6.3137	12.7062	31.8210	63.6559
2	0.8165	1.8856	2.9200	4.3027	6.9645	9.9250
3	0.7649	1.6377	2.3534	3.1824	4.5407	5.8408
4	0.7407	1.5332	2.1318	2.7765	3.7469	4.6041
5	0.7267	1.4759	2.0150	2.5706	3.3649	4.0321
6	0.7176	1.4398	1.9432	2.4469	3.1427	3.7074
7	0.7111	1.4149	1.8946	2.3646	2.9979	3.4995
8	0.7064	1.3968	1.8595	2.3060	2.8965	3.3554
9	0.7027	1.3830	1.8331	2.2622	2.8214	3.2498
10	0.6998	1.3722	1.8125	2.2281	2.7638	3.1693
11	0.6974	1.3634	1.7959	2.2010	2.7181	3.1058
12	0.6955	1.3562	1.7823	2.1788	2.6810	3.0545
13	0.6938	1.3502	1.7709	2.1604	2.6503	3.0123
14	0.6924	1.3450	1.7613	2.1448	2.6245	2.9768
15	0.6912	1.3406	1.7531	2.1315	2.6025	2.9467
16	0.6901	1.3368	1.7459	2.1199	2.5835	2.9208
17	0.6892	1.3334	1.7396	2.1098	2.5669	2.8982
18	0.6884	1.3304	1.7341	2.1009	2.5524	2.8784
19	0.6876	1.3277	1.7291	2.0930	2.5395	2.8609
20	0.6870	1.3253	1.7247	2.0860	2.5280	2.8453
21	0.6864	1.3232	1.7207	2.0796	2.5176	2.8314
22	0.6858	1.3212	1.7171	2.0739	2.5083	2.8188
23	0.6853	1.3195	1.7139	2.0687	2.4999	2.8073
24	0.6848	1.3178	1.7109	2.0639	2.4922	2.7970
25	0.6844	1.3163	1.7081	2.0595	2.4851	2.7874
26	0.6840	1.3150	1.7056	2.0555	2.4786	2.7787
27	0.6837	1.3137	1.7033	2.0518	2.4727	2.7707
28	0.6834	1.3125	1.7011	2.0484	2.4671	2.7633
29	0.6830	1.3114	1.6991	2.0452	2.4620	2.7564
30	0.6828	1.3104	1.6973	2.0423	2.4573	2.7500

<b>31</b>	0.6825	1.3095	1.6955	2.0395	2.4528	2.7440
<b>32</b>	0.6822	1.3086	1.6939	2.0369	2.4487	2.7385
<b>33</b>	0.6820	1.3077	1.6924	2.0345	2.4448	2.7333
<b>34</b>	0.6818	1.3070	1.6909	2.0322	2.4411	2.7284
<b>35</b>	0.6816	1.3062	1.6896	2.0301	2.4377	2.7238
<b>36</b>	0.6814	1.3055	1.6883	2.0281	2.4345	2.7195
<b>37</b>	0.6812	1.3049	1.6871	2.0262	2.4314	2.7154
<b>38</b>	0.6810	1.3042	1.6860	2.0244	2.4286	2.7116
<b>39</b>	0.6808	1.3036	1.6849	2.0227	2.4258	2.7079
<b>40</b>	0.6807	1.3031	1.6839	2.0211	2.4233	2.7045
<b>41</b>	0.6805	1.3025	1.6829	2.0195	2.4208	2.7012
<b>42</b>	0.6804	1.3020	1.6820	2.0181	2.4185	2.6981
<b>43</b>	0.6802	1.3016	1.6811	2.0167	2.4163	2.6951
<b>44</b>	0.6801	1.3011	1.6802	2.0154	2.4141	2.6923
<b>45</b>	0.6800	1.3007	1.6794	2.0141	2.4121	2.6896
<b>46</b>	0.6799	1.3002	1.6787	2.0129	2.4102	2.6870
<b>47</b>	0.6797	1.2998	1.6779	2.0117	2.4083	2.6846
<b>48</b>	0.6796	1.2994	1.6772	2.0106	2.4066	2.6822
<b>49</b>	0.6795	1.2991	1.6766	2.0096	2.4049	2.6800
<b>50</b>	0.6794	1.2987	1.6759	2.0086	2.4033	2.6778
<b>51</b>	0.6793	1.2984	1.6753	2.0076	2.4017	2.6757
<b>52</b>	0.6792	1.2980	1.6747	2.0066	2.4002	2.6737
<b>53</b>	0.6791	1.2977	1.6741	2.0057	2.3988	2.6718
<b>54</b>	0.6791	1.2974	1.6736	2.0049	2.3974	2.6700
<b>55</b>	0.6790	1.2971	1.6730	2.0040	2.3961	2.6682
<b>56</b>	0.6789	1.2969	1.6725	2.0032	2.3948	2.6665
<b>57</b>	0.6788	1.2966	1.6720	2.0025	2.3936	2.6649
<b>58</b>	0.6787	1.2963	1.6716	2.0017	2.3924	2.6633
<b>59</b>	0.6787	1.2961	1.6711	2.0010	2.3912	2.6618
<b>60</b>	0.6786	1.2958	1.6706	2.0003	2.3901	2.6603
<b>61</b>	0.6785	1.2956	1.6702	1.9996	2.3890	2.6589
<b>62</b>	0.6785	1.2954	1.6698	1.9990	2.3880	2.6575
<b>63</b>	0.6784	1.2951	1.6694	1.9983	2.3870	2.6561
<b>64</b>	0.6783	1.2949	1.6690	1.9977	2.3860	2.6549
<b>65</b>	0.6783	1.2947	1.6686	1.9971	2.3851	2.6536
<b>66</b>	0.6782	1.2945	1.6683	1.9966	2.3842	2.6524
<b>67</b>	0.6782	1.2943	1.6679	1.9960	2.3833	2.6512
<b>68</b>	0.6781	1.2941	1.6676	1.9955	2.3824	2.6501
<b>69</b>	0.6781	1.2939	1.6672	1.9949	2.3816	2.6490
<b>70</b>	0.6780	1.2938	1.6669	1.9944	2.3808	2.6479
<b>71</b>	0.6780	1.2936	1.6666	1.9939	2.3800	2.6469
<b>72</b>	0.6779	1.2934	1.6663	1.9935	2.3793	2.6458
<b>73</b>	0.6779	1.2933	1.6660	1.9930	2.3785	2.6449
<b>74</b>	0.6778	1.2931	1.6657	1.9925	2.3778	2.6439
<b>75</b>	0.6778	1.2929	1.6654	1.9921	2.3771	2.6430
<b>76</b>	0.6777	1.2928	1.6652	1.9917	2.3764	2.6421
<b>77</b>	0.6777	1.2926	1.6649	1.9913	2.3758	2.6412
<b>78</b>	0.6776	1.2925	1.6646	1.9908	2.3751	2.6403

<b>79</b>	0.6776	1.2924	1.6644	1.9905	2.3745	2.6395
<b>80</b>	0.6776	1.2922	1.6641	1.9901	2.3739	2.6387
<b>81</b>	0.6775	1.2921	1.6639	1.9897	2.3733	2.6379
<b>82</b>	0.6775	1.2920	1.6636	1.9893	2.3727	2.6371
<b>83</b>	0.6775	1.2918	1.6634	1.9890	2.3721	2.6364
<b>84</b>	0.6774	1.2917	1.6632	1.9886	2.3716	2.6356
<b>85</b>	0.6774	1.2916	1.6630	1.9883	2.3710	2.6349
<b>86</b>	0.6774	1.2915	1.6628	1.9879	2.3705	2.6342
<b>87</b>	0.6773	1.2914	1.6626	1.9876	2.3700	2.6335
<b>88</b>	0.6773	1.2912	1.6624	1.9873	2.3695	2.6329
<b>89</b>	0.6773	1.2911	1.6622	1.9870	2.3690	2.6322
<b>90</b>	0.6772	1.2910	1.6620	1.9867	2.3685	2.6316
<b>91</b>	0.6772	1.2909	1.6618	1.9864	2.3680	2.6309
<b>92</b>	0.6772	1.2908	1.6616	1.9861	2.3676	2.6303
<b>93</b>	0.6771	1.2907	1.6614	1.9858	2.3671	2.6297
<b>94</b>	0.6771	1.2906	1.6612	1.9855	2.3667	2.6291
<b>95</b>	0.6771	1.2905	1.6611	1.9852	2.3662	2.6286
<b>96</b>	0.6771	1.2904	1.6609	1.9850	2.3658	2.6280
<b>97</b>	0.6770	1.2903	1.6607	1.9847	2.3654	2.6275
<b>98</b>	0.6770	1.2903	1.6606	1.9845	2.3650	2.6269
<b>99</b>	0.6770	1.2902	1.6604	1.9842	2.3646	2.6264
<b>100</b>	0.6770	1.2901	1.6602	1.9840	2.3642	2.6259
<b>¥</b>	0.6745	1.2816	1.6449	1.9600	2.3263	2.5758